

MILIEU-EFFECT RAPPORTAGE
voor het plaatsen van een CO₂-afvanginstallatie
bij HVC, locatie Alkmaar

Opdrachtgever: NV HVC

3 december 2020

PK18024/D02



MILIEU
VEILIGHEID
RUIMTELIJKE ORDENING

www.kuiperburger.nl, www.artos.nl

Rapportnummer: PK18024/D02
Status: Definitief
Datum: 3 december 2020
Projectleider: ir. Å. C. Norrthon
Auteurs: dr. D.E. Groot, drs. K. Stassen-Flinzner
Tweede lezer: ir. Å. C. Norrthon

Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding en doel van de activiteit	8
1.2 Mededeling voornemen.....	9
1.3 Inhoud	9
2 Voorgenomen activiteit	10
2.1 Procesbeschrijving CO ₂ -afvang.....	10
2.2 Locatie en omgeving	14
3 Wettelijk Kader	15
3.1 Besluit milieueffectrapportage	15
3.2 Wet milieubeheer	15
3.3 Wet natuurbescherming	15
3.4 Wet algemene bepalingen omgevingsrecht	16
3.4.1 Bestemmingsplan	16
3.5 Waterwet.....	17
3.6 Richtlijn industriële emissies / BBT	17
3.7 Procedure en planning	18
4 Milieueffecten	19
4.1 Lucht en stikstofdepositie	19
4.1.1 Luchtemissies	19
4.1.2 Luchtkwaliteit.....	24
4.1.3 Stikstofdepositie.....	24
4.2 Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS)	25
4.3 Afwijkende bedrijfscondities.....	26
4.4 Geur.....	28
4.5 Externe veiligheid	28
4.5.1 HAZID	28
4.5.2 Brzo/Bevi.....	28
4.6 Geluid	29
4.7 Bodem	30
4.7.1 Nulsituatie bodemonderzoek	30

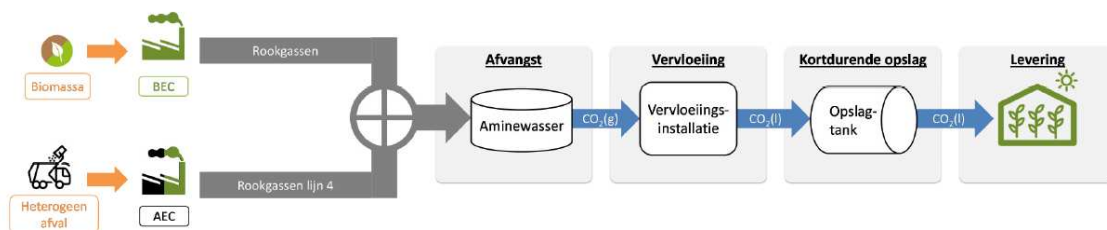
4.7.2	Bodemrisico-analyse.....	30
4.8	Grond- en hulpstoffen	30
4.9	Afvalstoffen en afvalwater	31
4.10	Water.....	32
4.10.1	Waterhergebruik	32
4.11	Energie	33
4.11.1	Energie glastuinbouw	33
4.11.2	CO ₂ -balans keten	33
4.11.3	Energieverbruik installatie.....	36
4.11.4	Invloed tijds- of seizoensgebonden vraag.....	36
4.11.5	Hergebruik van restwarmte	38
4.12	Flora en Fauna	40
4.13	Volksgezondheid.....	40
5	Alternatieven.....	41
5.1	Te beschouwen alternatieven	41
5.1.1	Geen locatiealternatieven	41
5.2	Beschrijving en beoordeling alternatieven.....	41
5.2.1	Nulalternatief	41
5.2.2	Koppelen van de CO ₂ -afvanginstallatie aan één rookgasafvoer	42
5.2.3	Toepassen van een andere techniek.....	43
5.2.4	Keuze van het type amine als absorptie medium.....	43
5.2.5	Transportkeuze vloeibaar of gasvormig CO ₂	44
	Bijlagenlijst	46

SAMENVATTING

HVC heeft zich gecommitteerd aan de 'Green Deal CO₂ voorziening glastuinbouw Noord-Holland' om de uitstoot van het belangrijke broeikasgas CO₂ te beperken en hergebruik hiervan mogelijk te maken. Door het plaatsen van een CO₂-afvanginstallatie op de locatie te Alkmaar kan CO₂ uit de afgassen van de bio-energiecentrale (BEC) en de afvalenergiecentrale (AEC) worden afgevangen en geschikt gemaakt voor hergebruik. Op jaarbasis wordt een afvang van 125.000 ton CO₂ gerealiseerd, waarmee HVC een belangrijke verduurzamingstap in de ook door de rijksoverheid gewenste vermindering van broeikasgassen realiseert.

CO₂-afvangproces

De CO₂-afvanginstallatie wordt aangesloten op de bestaande rookgasafvoerkanalen van de BEC en de 4^e verbrandingslijn van de AEC. Afvang van afgassen vindt plaats op één lijn, de andere lijn dient als back-up. De CO₂ wordt uit de afgassen verwijderd door het toepassen van verschillende technieken. Als eerste stap worden de afgassen door de 'direct contact cooler' geleid waarbij het afgas afkoelt door het in contact te brengen met water. In deze stap wordt ook natronloog toegevoegd om zwaveloxiden uit de afgassen te verwijderen ter bescherming van de amine-oplossing in de volgende stap. Als de afgassen zijn afgekoeld en gereinigd worden ze door de absorber geleid waarbij een amine-oplossing de CO₂ uit de afgassen absorbeert middels een chemische reactie. Uit deze reactie komen twee stromen vrij; de CO₂-rijke amine-oplossing en CO₂-arme afgassen. De CO₂-rijke amine-oplossing wordt naar een desorber geleid, waarbij de CO₂ onder kookcondities vrijkomt uit de amine-oplossing en verdampt. De CO₂-arme afgassen worden geëmitteerd. Tijdens het absorptieproces kan een lichte degradatie van de amine-oplossing plaatsvinden. De afbraakproducten worden middels een wasstap in de absorberkolom afgevangen. Het gasvormige CO₂ dat uit de desorber komt wordt gekoeld en naar de vervloeingsunit geleid. Hier wordt de CO₂ verder gezuiverd en vloeibaar gemaakt waarna het wordt opgeslagen in één van de tanks met een capaciteit van 500 m³.



Figuur 1. Vereenvoudigde schematische weergave processtappen CO₂-afvanginstallatie. Afgassen worden afgevangen van de BEC of van de 4^e lijn AEC.

Opzet MER

Op basis van de mededelingsnotitie m.e.r.-procedure die op 3 juni 2019 is ingediend bij bevoegd gezag heeft de ODNZKG richtlijnen voor de inhoud van het MER uitgebracht. De richtlijnen zijn aangehouden voor het opstellen van dit milieueffectrapport.

Milieueffecten

Hieronder worden de belangrijkste milieueffecten van de CO₂-afvanginstallatie beschreven.

Luchtkwaliteit: de afvang van CO₂ uit de afgassen heeft invloed op de eigenschappen hiervan.

Het effect op de concentratie van de in afgas aanwezige componenten is echter zodanig gering dat het niet relevant is. Uit de NIBM-toetsing blijkt dat extra verkeer 'niet in betekende mate bijdraagt' aan de luchtverontreiniging.

Stikstofdepositie: de activiteit is passend binnen de huidige vergunning Wet natuurbescherming.

Zeer zorgwekkende stoffen: de emissie van ZZS voldoet aan de grenswaarden van het Activiteitenbesluit milieubeheer.

Externe veiligheid: de inrichting komt niet onder het Brzo '15 te vallen. De CO₂ wordt opgeslagen in drie tanks met een opslagcapaciteit van elk 500 m³. CO₂ is niet brandbaar of toxisch in lagere concentraties maar heeft wel zuurstof verdringende eigenschappen. De ammoniak koelinstallatie valt onder de werkingssfeer van het Bevi en betreft daarmee een categoriale inrichting. De plaatsgebonden risicocontour van 1.0 10⁻⁶ valt geheel binnen de inrichting.

Geluid: HVC is gelegen op een gezonde industrieterrein. Het realiseren van de CO₂-afvanginstallatie leidt tot een marginale verhoging van de vergunde waarde in de avond- en nachtperiode op één controlepunt.

Bodembescherming: de opslag en het verladen van CO₂ is geen bodembedreigende activiteit en hoeft derhalve niet getoetst te worden aan NRB (Nederlandse Richtlijn Bodembescherming). Daar waar wel bodembedreigende activiteiten plaatsvinden wordt met maatregelen en voorzieningen aangesloten op de NRB.

Afvalstoffen: de belangrijkste hulpstof die wordt ingezet is de amine-oplossing. Deze wordt geregenereerd maar zal na verloop van tijd ook vervangen moeten worden. Daarnaast wordt gebruikt gemaakt van actief kool en filters. Verder komt er stripwater, afkomstig van het reinigen van de amine-oplossing, vrij dat gedegradeerde amines bevat. Deze afvalstromen zullen verwerkt worden door een erkend verwerker.

Water: ten gevolge van het koelen van afgassen en de amine-oplossing komt condenswater vrij. Dit water wordt ingezet in de reeds bestaande gaswassing van HVC. Ten gevolge hiervan zal HVC per saldo minder oppervlaktewater innemen dan in de huidige bedrijfsvoering.

Energie en CO₂-balans: het afvangen van CO₂ kost energie. Daar staat tegenover dat met een productie van 125.000 ton CO₂ HVC kan voldoen aan ca. 4,8% van de CO₂-behoefte van de glastuinbouw. In de zomerperiode resulteert dit in een emissiereductie van 95% over de gehele keten.

Alternatieven

Locatie: er is wegens technische redenen gekozen voor een locatie zo dicht mogelijk bij de schoorstenen. In verband met de hoogte van de CO₂-afvanginstallatie dient er te worden afgeweken van het bestemmingsplan. Hiertoe is een Ruimtelijke Onderbouwing opgesteld.

Technieken: er zijn drie andere technieken beschouwd:

- membraantechnologie
- cryogene destillatie
- pressure swing adsorptie

Membraantechnologie en cryogene destillatie zijn met name geschikt voor afgassen met een CO₂-concentratie die beduidend hoger is dan de CO₂-concentratie in de afgassen van de BEC en de 4^e lijn van de AEC. Pressure swing adsorptie ligt niet voor de hand wegens de lage zuiverheid van het afgevangen CO₂.

Absorptiemiddel: op het moment van het opstellen van dit MER is er nog geen amine aan te wijzen dat het beste is in termen van degradatie (milieu), kookpunt (energiekosten) en werking (efficiency). Er is nu gekozen voor een amine-oplossing die in samenwerking met de ontwerper van de CO₂-afvanginstallatie is ontwikkeld en zich richt op het stabiel/resistent maken van het adsorptiemiddel tegen degradatie en het minimaliseren van het energieverbruik.

Transportkeuze: de CO₂ wordt per vrachtwagen naar de tuinders getransporteerd.

Alternatieven zouden levering per pijpleiding of per schip kunnen zijn. HVC Alkmaar ligt niet in de buurt van de OCAP leiding die momenteel gasvormig CO₂ transporteert naar glastuinbouw gebieden in Zuid-Holland en in Noord-Holland. De glastuinbouwgebieden zijn slechts bereikbaar met relatief kleine schepen en is, volgens een recent uitgevoerde studie, op dit moment nog niet rendabel.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en doel van de activiteit

Om klimaatverandering tegen te gaan heeft de Nederlandse overheid zich ten doel gesteld de uitstoot van broeikasgassen, waarvan CO₂ de belangrijkste is, fors te verminderen. Het Klimaatakkoord bevat afspraken die de overheid hierover heeft gemaakt met verschillende bedrijfssectoren.

HVC wil een bijdrage leveren aan deze doelstelling. In 2014 heeft HVC daarom samen met diverse partijen, waaronder de provincie Noord-Holland, de 'Green Deal CO₂ voorziening glastuinbouw Noord-Holland' ondertekend en zich gecommitteerd aan de uitdagingen voor de realisatie van de CO₂-infrastructuur.

In 2017 verstookte de sector ongeveer 3,3 miljard kuub aardgas¹ voor de productie van warmte, CO₂ en elektriciteit. Tussen de Nederlandse glastuinbouw en de Nederlandse overheid is in de Meerjarenaafspraken Energie een doel overeengekomen voor de CO₂-emissie in 2020 (emissie max. 4,6 Mton) en is de ambitie opgenomen van een glastuinbouw zonder CO₂-emissie in 2050. Glastuinbouw Nederland heeft de ambitie om al in 2040 geen CO₂ meer uit te stoten. Op grond van de afspraken in het 'green deal' akkoord, heeft HVC een demo-installatie ontwikkeld en in gebruik genomen voor het afvangen van jaarlijks 4.000 ton CO₂ uit afgassen, afkomstig van de bio-energiecentrale (zie ook bijlagen 1 en 2). De afgevangen CO₂ wordt toegepast bij glastuinders in de regio.

Tegelijkertijd met het in bedrijf nemen van de demo-installatie (pilot plant) is in samenwerking met Linde Gas een vervolgproject in ontwikkeling om jaarlijks maximaal 125.000 ton CO₂ uit de afgassen naar de glastuinbouw te brengen, wat naar verwachting zal leiden tot ca. 30 miljoen m³ minder gasgebruik per jaar. Op termijn sluit HVC ook andere toepassingen voor afgevangen CO₂ niet uit. Uit de pilot plant blijkt bijv. dat de CO₂ ook effectief toe te passen is als waterontharder in de bodemas wassing. In een separaat traject is HVC, samen met andere afvalverbranders, bezig een einde afvalstatus te verkrijgen voor de CO₂ wat de mogelijkheden voor toepassing hiervan verder zal vergroten.

Het voorgenomen initiatief valt onder het Besluit milieueffectrapportage (m.e.r.) en is m.e.r.-plichtig (zie hoofdstuk 3). Derhalve is onderhavig Milieueffectrapport (MER) opgesteld.

¹ Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2017. Nico van der Velden en Pepijn Smit. Wageningen Economic Research, november 2018.

1.2 Mededeling voornemen

HVC heeft op 3 juni 2019 een mededeling voornemen gedaan². Het bevoegd gezag heeft naar aanleiding hiervan een advies reikwijdte en detailniveau uitgebracht³. Het advies wordt in deze MER opgevolgd.

1.3 Inhoud

De inhoud van het MER is in lijn met de eisen zoals gesteld in de Wet milieubeheer (Wm):

2. Voorgenomen activiteit
3. Wettelijk kader
4. Milieueffecten
5. Alternatieven

² Kenmerk PK18024/D01 Mededelingsnotitie M.E.R.-procedure voor het plaatsen van een CO₂-afvanginstallatie bij HVC, locatie Alkmaar.

³ Zaaknummer: 9078551, d.d. 12 juli 2019

2 VOORGENOMEN ACTIVITEIT

2.1 Procesbeschrijving CO₂-afvang

In de bio-energiecentrale (BEC) en de afvalenergiecentrale (AEC) van HVC wordt door de verbranding van afval onder meer koolstof omgezet in CO₂. Momenteel wordt de CO₂ samen met de afgassen van biomassa en afvalverbranding geëmitteerd. HVC is voornemens een installatie voor CO₂-afvang te plaatsen die op jaarbasis 125 kton CO₂ gaat afvangen. Deze installatie wordt aangesloten op de bestaande rookgasafvoerkanalen van de BEC en de 4^e verbrandingslijn van de AEC. De keuze voor de koppeling aan meerdere rookgasafvoerkanalen, en specifiek aan de BEC en de 4^e verbrandingslijn, is onderdeel van 'te beschouwen alternatieven' en wordt in hoofdstuk 5 behandeld.

De afvang van 125 kton CO₂ is enerzijds gebaseerd op de gekozen schaalgrootte van de afvanginstallatie (15 ton per uur) op basis van de geschatte rendabele vraag vanuit de glastuinbouw, en anderzijds op de wenselijkheid om een bescheiden afgasflow te handhaven in de bestaande schoorstenen zodat deze op temperatuur blijven en zonder procesverstoringen weer de volledige afgasstroom kunnen afvoeren indien de afvanginstallatie niet beschikbaar is. De CO₂-afvanginstallatie heeft een ontwerpcapaciteit van ca. 77.100 Nm³/h aan aanvoer van afgassen. Dit is in hoofdzaak gebaseerd op het debiet van de BEC, aangezien de afvang voornamelijk op deze lijn zal plaatsvinden en de BEC een lager debiet heeft dan de 4^e lijn (zie Tabel 1). Dit betekent dat wanneer afgassen uit de BEC worden toegepast, ongeveer 2/3 hiervan naar de CO₂-afvanginstallatie gaat; bij aanvoer vanuit lijn 4 van de AEC is dit ongeveer de helft. Na afvang wordt de CO₂ vervloeit in een vervloeiingsinstallatie. Dit wordt verder als onderdeel beschouwd van de CO₂-afvanginstallatie.

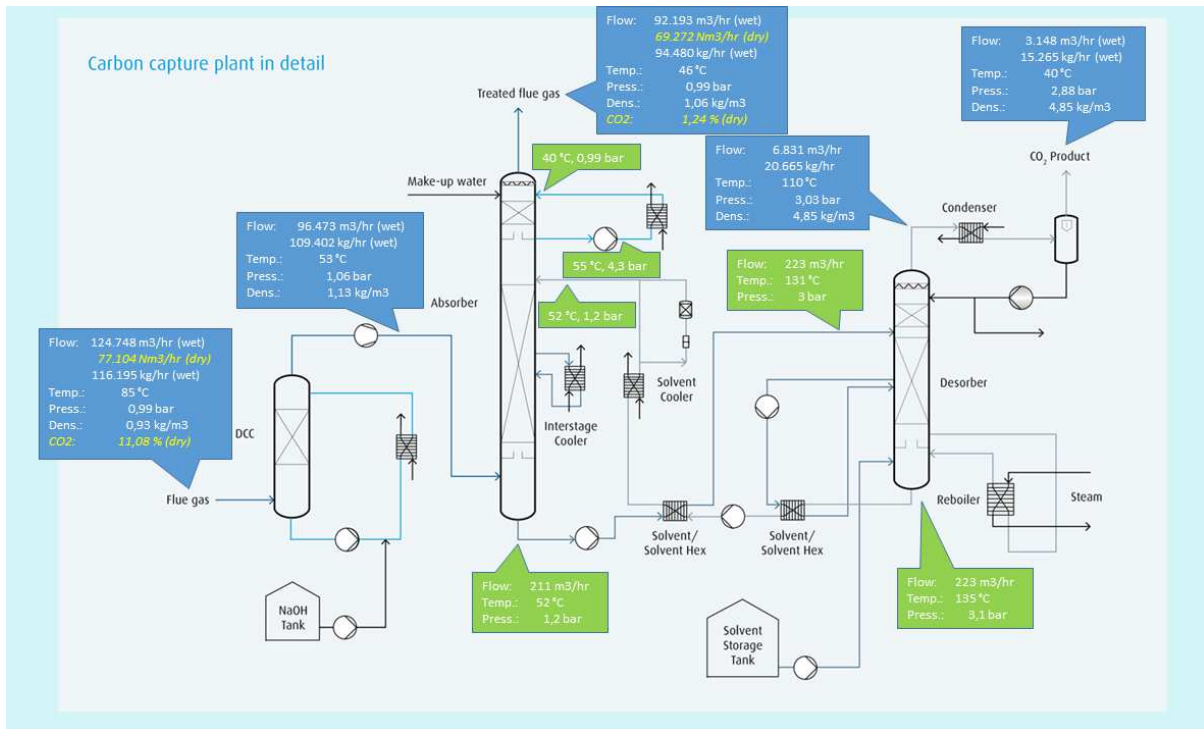
Tabel 1. Afgaseigenschappen BEC en lijn 4.

Lijn	Debiet (Nm ³ /h)	Temperatuur (°C)	CO ₂ %
BEC	115.477	78,6	11,31
4 AEC	155.037	63,6	8,62

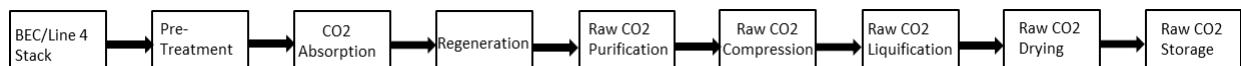
In het CO₂-afvangproces worden de volgende stappen onderscheiden:

- Koeling en reiniging afgassen;
- Absorptie van CO₂ door middel van amine-oplossing, emissie van CO₂-arm afgas;
- Desorptie en koeling van puur CO₂ gas;
- Vervloeiingsunit;
- Opslag en vervoer.

De verschillende processtappen zijn vereenvoudigd weergegeven in onderstaande figuren.



Figuur 2. Procesflowschema CO₂-afvanginstallatie.



Figuur 3. Blockflow-diagram CO₂-afvanginstallatie.

Processtap 1. Koeling en reiniging afgassen (Voorbehandeling)

De gereinigde afgassen van de BEC of de 4^e verbrandingslijn van de AEC worden afgevangen middels een aansluiting op de bestaande rookgaskanalen. De afgassen worden na omleiding eerst gewassen en gekoeld in een zogeheten direct contact cooler (DCC) met toevoeging van een natronloog (NaOH)-oplossing. Deze processtap heeft twee functies:

- Condenseren van het meeste water uit de afgassen om de amine-oplossing, die in de volgende processtap wordt toegepast, te beschermen tegen verdunning door water;
- Het verwijderen van SO_x uit de afgassen, omdat deze zwaveloxiden de afbraak van de amine-oplossing (mede) veroorzaken.

Processtap 2. Absorptie van CO₂ door middel van een amine-oplossing

In deze stap worden de CO₂-rijke afgassen door een absorber geleid waarbij een amine-oplossing de CO₂ uit de afgassen absorbeert. De resulterende CO₂-arme afgassen worden vervolgens door een reinigungsstap (een dry bed wasstap) bovenin de absorber geleid om de emissie van de kleine hoeveelheden afbraakproducten van de amine-oplossing te minimaliseren die in de absorber kunnen ontstaan.

De vorming van deze afbraakproducten kan worden tegengegaan door het verminderen van het gehalte opgelost zuurstof in de amine-oplossing. Zuurstof is de belangrijkste oorzaak van

afbraak van het amine en in de afgassen die door de amine-oplossing worden geleid zit in de regel nog ca. 5% (v/v) aan zuurstof.

De CO₂-arme afgassen worden vervolgens geëmitteerd op 55 m hoogte. Deze afgassen verschillen op drie belangrijke punten van de huidige afgasemissie:

- Lagere temperatuur;
- Lager vochtgehalte (wel verzadigd bij deze lagere temperatuur);
- Vrijwel geen CO₂ gehalte.

Processtap 3. Desorber en koeling van puur CO₂ gas

De met CO₂ verzadigde amine-oplossing uit de absorber wordt voorverwarmd met behulp van de hete amine-oplossing die uit de desorber komt. Dit is de eerste stap in het proces om het uit de afgassen geabsorbeerde CO₂ gas weer vrij te maken. De opgewarmde amine-oplossing wordt vervolgens naverwarmd met stoom in de reboiler. Onder kookcondities wordt de oplossing naar een desorber geleid, waarbij de CO₂ vrijkomt uit de amine-oplossing en verdampt.

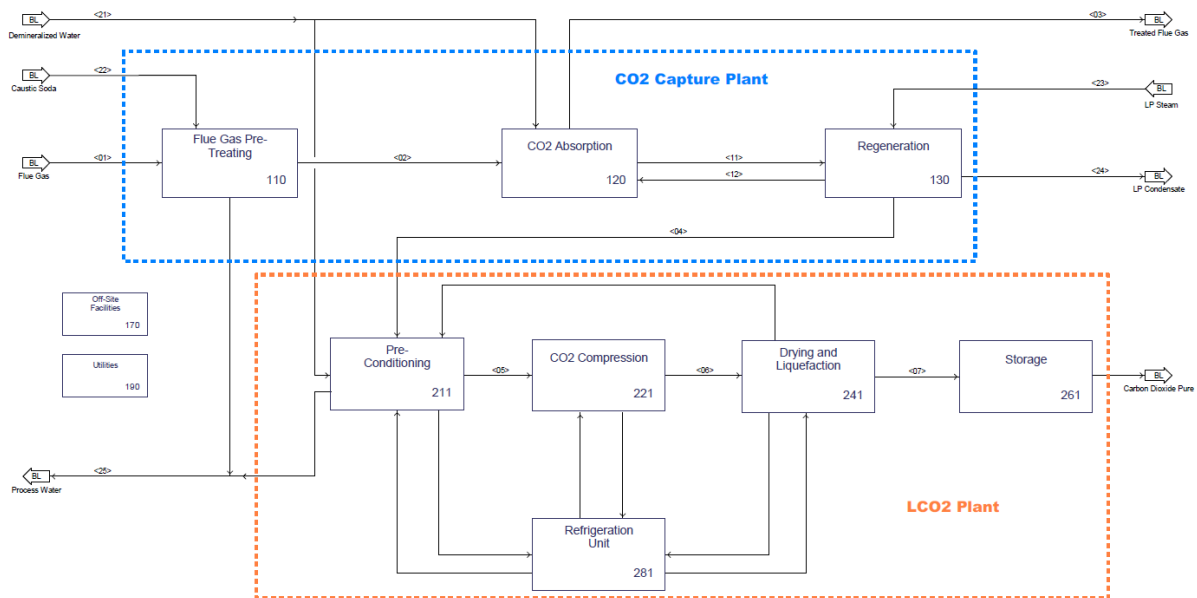
Het natte (verzadigd met water) en hete CO₂ gas wordt vervolgens gekoeld. Hierbij condenseert water uit het natte CO₂ gas. Het gekoelde en gedroogde CO₂ gas wordt daarna naar de CO₂-vervloeingsunit geleid. De CO₂-arme amine-oplossing wordt teruggeleid naar de absorptiekolom.

Processtap 4. Vervloeingsunit

In de vervloeingsunit wordt de CO₂ gecompriemd en vloeibaar gemaakt onder ca. 20 bar overdruk. De CO₂ wordt daarbij heet en vergt een aanvullende koelstap. De gecompriemde CO₂ wordt vervolgens verder gezuiverd in een TSA-pakket (temperature swing adsorption), dat bestaat uit silica-alumina gel en actief kool. In Figuur 4 is het blokkenschema opgenomen van de CO₂-afvang en vervloeiing, de TSA stap is onderdeel van het blokje 'Drying & Liquefaction' ((na)droging van het gasvormige CO₂ voorafgaand aan de vervloeiing). De vervloeingsinstallatie heeft twee processtappen waarin een reiniging optreedt:

- In de 'pre-conditioning' worden wateroplosbare verontreinigingen met een waterwaster afgescheiden.
- In de tweede stap wordt gereinigd met behulp van compressie. Door de druk condenseren alle niet-permanente gassen, ook water (de compressie verwijdert bijvoorbeeld veel meer water dan de (na)droging).

Grofweg kan gesteld worden dat van alle stoffen met een hoger kookpunt dan water meer dan 90% wordt gecondenseerd in de compressiestap. Deze stoffen worden uit het systeem afgevoerd met het proceswater dat bij HVC verwerkt wordt, gelijk aan het proceswater dat nu al uit de gaswassers komt. Het TSA-pakket is vooral bedoeld voor de verwijdering van de laatste resten aan vluchtige componenten zoals VOS.



Figuur 4. Blokkenschema CO₂-afvang (capture) en vervloeiing (LCO₂).

De CO₂ wordt vervolgens verder gekoeld tot -30°C in een CO₂-condensator. Met de koelstap wordt de meeste aanwezige waterdamp verwijderd. De permanente gassen die niet gecondenseerd worden, zoals zuurstof, stikstof en enkele koolwaterstoffen, worden afgeblazen met wat ontsnappend CO₂. In totaal betreft de hierbij optredende CO₂ emissie maximaal ca. 0,5% van de netto geproduceerde CO₂. De resulterende vloeibare CO₂ is nu 99,9% zuiver. De pilot plant resultaten wijzen inmiddels uit dat er een CO₂ kwaliteit ontstaat die ruimschoots binnen de door OCAP gehanteerde normen voor de glastuinbouw blijft. De verwachting is dat de nieuwe installatie deze kwaliteit ook zal halen. Zie voor meer informatie over OCAP kwaliteit bijlage 3.

Processtap 5. Opslag en vervoer

De vloeibare CO₂ wordt naar de drie opslagtanks van elk 500 m³ getransporteerd. De drie opslagtanks voldoen aan de richtlijn drukapparatuur NEN EN 133445. Een klein deel van de CO₂ in de tanks verdampt continu omdat de opslagtanks niet perfect thermisch geïsoleerd zijn. Dit verdampend CO₂ onttrekt weer energie uit de vloeibare CO₂ wat daardoor zichzelf koelt waarmee de cryogene condities worden behouden. De verdampende CO₂ (de zogeheten boil-off) wordt teruggeluid naar de condensator om weer vloeibaar gemaakt te worden. Netto gaat er door de boil-off dus geen CO₂ verloren.

Bij het tanken is elke tankwagen met een dampretoursysteem aan de opslagtanks verbonden. Tijdens het vullen van de tankwagen wordt de bij het tanken verdampende CO₂ en het gasvormige CO₂ uit het 'lege' deel van de vrachtwagentank geretourneerd en teruggewonnen via de vervloeiingsinstallatie en de opslagtanks. Het gewicht van de vloeibare CO₂-opslagtank wordt tijdens het vullen gemonitord. Het vullen stopt elke twee minuten tenzij de chauffeur een knop

indrukt. Ongemerkt overvullen en verlies is dus niet mogelijk. Het gewicht van de tankwagen wordt in- en uitgewogen op de weegbrug van HVC.

2.2 Locatie en omgeving

De voorgenoemde activiteit zal plaatsvinden op de HVC locatie te Alkmaar. De locatie is gelegen op industrieterrein Boekelermeer waar bedrijven tot en met milieucategorie 5 toegestaan zijn. In de nabijheid van het industrieterrein zijn enkele Natura 2000-gebieden gelegen; het dichtstbijzijnde is de Eilandspolder op ca. 4 km ten zuidoosten van de inrichting.

De CO₂-afvanginstallatie wordt gerealiseerd binnen dezelfde inrichting die nu reeds in gebruik is voor de huisvuilcentrale en de bio-energiecentrale en wordt aan deze twee bestaande installaties gekoppeld (zie Figuur 5). De keuze voor de locatie binnen de inrichting is onderdeel van 'te beschouwen alternatieven' in hoofdstuk 5.



Figuur 5. Locatie van HVC (links) en locatie van installatie op de inrichting (rechts) aangegeven in rode kaders.

3 WETTELIJK KADER

3.1 Besluit milieueffectrapportage

Voor activiteiten die in potentie belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu kunnen hebben is het verplicht een MER op te stellen. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen enerzijds een m.e.r.-plicht (onderdeel C, Besluit m.e.r.) en anderzijds de verplichting te beoordelen of een MER opgesteld moet worden vanwege bijzondere omstandigheden waaronder de activiteit wordt ondernomen (m.e.r.-beoordelingsplicht, onderdeel D).

Het voorgenomen initiatief is m.e.r.-plichtig op grond van categorie C18.4, bijlage I van het Besluit m.e.r. Deze categorie heeft betrekking op *de oprichting, wijziging of uitbreiding van een installatie bestemd voor de verbranding of de chemische behandeling van niet-gevaarlijke afvalstoffen, in gevallen waarin de activiteit betrekking heeft op een capaciteit van meer dan 100 ton per dag.*

De op te richten CO₂-afvanginstallatie heeft een capaciteit van meer dan 100 ton per dag waarbij de afgassen, afkomstig van niet-gevaarlijke afvalstoffen, chemisch behandeld worden.

3.2 Wet milieubeheer

De Wet milieubeheer (Wm) stelt onder meer procedurele regels over het MER. In §7.8 van de Wm is beschreven dat de MER tot stand kan komen via de beperkte procedure, mits er geen passende beoordeling nodig is op grond van de Wet natuurbescherming en voor deze activiteit geen omgevingsvergunning om te mogen handelen in strijd met het bestemmingsplan nodig is.

Artikel 7.23 van de Wm geeft een opsomming van de onderwerpen die het MER dient te bevatten.

3.3 Wet natuurbescherming

Indien significante nadelige effecten te verwachten zijn ten gevolge van het voorgenomen initiatief dient een Passende beoordeling te worden gemaakt. Het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied (Eilandspolder) bevindt zich op ca. 4 km van de inrichting.

Stikstofdepositie is in detail uitgewerkt in de PAS en verankerd in het Besluit en de Regeling natuurbescherming (Bnb en Rnb). Al vanaf de invoering van de regeling staat de juridische houdbaarheid ervan ter discussie. Op 29 mei 2019 heeft de Raad van State een belangrijke uitspraak (ECLI:NL:RVS:2019:1603) gedaan over de PAS. De gevolgen hiervan voor voorgenomen ontwikkelingen zijn groot. In het PAS zijn Passende beoordelingen opgenomen met betrekking tot de gevolgen van stikstof- (of ammoniak-) depositie op Natura 2000-gebieden in Nederland. Deze Passende beoordelingen moeten in beginsel aan dezelfde voorwaarden voldoen als een Passende beoordeling van een individueel project. Er moet wetenschappelijk gezien zeker zijn dat er geen nadelige gevolgen zijn voor een Natura 2000-

gebied. Volgens de afdeling bestuursrechtsspraak Raad van State voldoen de Passende beoordelingen in het PAS niet hieraan en mag de regeling niet gebruikt worden om aanspraak te maken op ontwikkelruimte. Dit betekent dat als er een toename in stikstof- (of ammoniak-) depositie wordt berekend, er in alle gevallen een Passende beoordeling moet worden opgesteld. Het betekent ook dat het project vergunningsplichtig is.

Het rekenmodel AERIUS-Calculator, dat in het kader PAS is ontwikkeld voor de berekening van de deposities, mag nog steeds gebruikt worden. Het is echter geen geschikt model voor depositieberekeningen op zeer korte afstand. In dit geval ligt het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied op een afstand van ruim 4 km. Voor deze afstanden wordt het model als accuraat beschouwd.

HVC beschikt over een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming⁴.

3.4 Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

De voorgenomen activiteit valt onder categorie 28.10, onderdeel C, bijlage I, bij het Besluit omgevingsrecht en is daarom vergunningplichtig op basis van artikel 2.1. lid 1 sub e Wabo. HVC beschikt al over een omgevingsvergunning voor haar milieubelastende activiteiten. Het bevoegd gezag voor de inrichting is Gedeputeerde Staten van Provincie Noord-Holland.

De voor de omgevingsvergunning benodigde onderdelen (milieu, afwijken bestemmingsplan en bouwen) worden gefaseerd aangevraagd, waarbij het bouwonderdeel in de tweede fase zal worden aangevraagd. Dit omdat er nog geen gedetailleerde gegevens beschikbaar zijn van de alle bouwkundige onderdelen van de installatie en de hulpconstructies. Voor alle activiteiten blijft Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Holland het bevoegd gezag.

3.4.1 Bestemmingsplan

De locatie van HVC in Alkmaar valt onder de werking van het bestemmingsplan Boekelermeer-Noord. Het terrein heeft de enkelbestemming 'Bedrijf' met een functie-aanduiding 'bedrijven tot en met categorie 4'. In dit bestemmingsplan zijn restricties opgenomen ten aanzien van de hoogte van bouwwerken. Voor 'bouwwerken geen gebouwen zijnde', zoals bijvoorbeeld een installatie, geldt een toegestane bouwhoogte van 6 m. Op de inrichting van HVC rusten twee verschillende specifieke functieaanduidingen: 'huisvuilcentrale' en 'watergebonden bedrijvigheid'. De bestemmingsplanvoorschriften voor deze twee gebieden verschillen enigszins, waardoor onderzocht is op welk deel van de inrichting de CO₂-afvanginstallatie het beste geplaatst kan worden. Binnen het gedeelte met de specifieke functieaanduiding 'huisvuilcentrale' mogen schoorstenen geplaatst worden met een maximale hoogte van 110 m. De hoge delen van de installatie vertonen in functie (emissiepunt afgassen) en voorkomen sterke gelijkenissen met een schoorsteen. Om deze reden zou een plaatsing binnen dit deel van

⁴ Zaaknummer: 647902, d.d. 11 april 2016

het terrein de voorkeur hebben. Er is echter onvoldoende beschikbare ruimte om de installatie hier te plaatsen. Omdat bouwwerken geen gebouwen zijnde (installaties) niet hoger mogen zijn dan 6 m is een omgevingsvergunning nodig voor het afwijken van het bestemmingsplan.

Voor het afwijken van het bestemmingsplan zijn er drie mogelijke procedures: een binnenplanse afwijking, de kruimelregeling en een uitgebreide procedure (2.12 lid 1, sub a onder 3 Wabo). Deze procedures worden hieronder kort beschreven:

- a. Binnenplanse afwijkmogelijkheid: In het bestemmingsplan is opgenomen dat, onder voorwaarden, het bevoegd gezag een vergunning mag verlenen voor het toestaan van een maximale bouwhoogte van bouwwerken, geen gebouwen zijnde, van 40 m in plaats van 6 m. Dit is niet voldoende aangezien de absorber een hoogte krijgt van ca. 55 m.
- b. Kruimelregeling: De voorwaarden voor de kruimelregeling zijn vastgelegd in art. 4 van de 2e bijlage van het Besluit omgevingsrecht. Voor de beoogde installatie zijn er echter geen mogelijkheden om gebruik te maken van deze regeling.
- c. De uitgebreide procedure: Wanneer de installatie hoger wordt dan 40 m, moet gebruik gemaakt worden van de uitgebreide afwijkingsprocedure. Dit houdt in dat er een 'Goede ruimtelijke onderbouwing' moet worden opgesteld. Hiervoor geldt dat er sprake kan zijn van een toetsing aan gemeentelijk en provinciaal beleid met betrekking tot ruimtelijke aspecten en financiële aspecten, zoals mogelijke planschade.

Omdat niet gebouwd kan worden binnen het deel van het terrein met de specifieke functie-aanduiding 'huisvuilcentrale' en de installatie hoger wordt dan 40 m, is de uitgebreide procedure van toepassing op dit voornemen. Een 'Goede ruimtelijke onderbouwing' is opgesteld ter onderbouwing voor de vergunning om te mogen afwijken van de voorschriften van het bestemmingsplan (bijlage 4).

3.5 Waterwet

Tijdens de afgasbehandeling komt condenswater vrij. Dit water zal worden hergebruikt als bedrijfswater; i.e. worden ingezet in de bestaande gaswassing. Uiteindelijk zal dit water verdampen.

In het proces ontstaat ook stripwater met hoge concentraties gedegradeerde amines, afkomstig van de gedegradeerde amine-oplossing. Dit stripwater zal worden afgevoerd naar een erkende verwerker. Er is geen sprake van lozing op het oppervlaktewater.

De huidige waterwetvergunning van HVC hoeft derhalve niet te worden aangepast.

3.6 Richtlijn industriële emissies / BBT

De Richtlijn industriële emissies (2010/75/EU) (RIE) verplicht Europese lidstaten om activiteiten van bedrijven met potentieel forse industriële emissies met een omgevingsvergunning te reguleren, waarbij getoetst moet worden aan BBT-conclusies (Beste Beschikbare Technieken)

die zijn vastgelegd in door de Europese Unie opgestelde referentiedocumenten (BREF's). Elke installatie die onder de RIE valt, moet voldoen aan het toepassen van BBT. HVC is al een IPPC-inrichting, d.w.z. heeft een installatie die onder de RIE valt. Het toevoegen van de CO₂-afvanginstallatie aan de inrichting verandert deze situatie niet. Een toetsing aan de relevante BBT-conclusies en BREF's is derhalve uitgevoerd (zie bijlage 5). Voor de voorgenomen activiteit/installatie zullen de best beschikbare technieken (BBT) conform de van toepassing zijnde BBT-conclusies en BREF's worden toegepast.

Naast de BBT-conclusies en BREF's zijn er ook Nederlandse informatiedocumenten beschikbaar, die als BBT-documenten worden beschouwd. Het betreft de documenten die worden genoemd in de 'bijlage behorende bij artikel 9.2 van de Regeling omgevingsrecht: Nederlandse informatiedocumenten over BBT' bij de ministeriële regeling omgevingsrecht (Mor). Het betreft hier o.a. de PGS richtlijnen (Publicatierreeks gevaarlijke stoffen), de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming (NRB) en enkele richtlijnen voor industriële activiteiten.

De toetsing aan de NRB is opgenomen in bijlage 6. De voorgenomen activiteit zal voldoen aan BBT.

3.7 Procedure en planning

Vanaf het moment van indienen van de aanvraag omgevingsvergunning en het MER geldt:

- De uitgebreide procedure kent een besluitvormingstermijn van maximaal 26 weken, die eenmalig verlengd kan worden met maximaal 6 weken. Indien de besluitvormingstermijn wordt overschreden, is er echter geen sprake van een vergunning van rechtswege.
- Na verlening van de vergunning geldt een beroepstermijn van 6 weken voordat de vergunning in werking treedt. Indien er beroep is ingesteld en er om een voorlopige voorziening is gevraagd, treedt de vergunning pas in werking nadat uitspraak is gedaan op de voorlopige voorziening.

4 MILIEUEFFECTEN

4.1 Lucht en stikstofdepositie

4.1.1 Luchtemissies

Algemeen

Door het afvangen van CO₂ uit de afgassen, neemt de emissie van CO₂ naar de lucht (fors) af. De eigenschappen van de CO₂-arme afgassen die via het emissiepunt van de absorber worden uitgestoten veranderen ten opzichte van de huidige situatie; zoals het debiet, de temperatuur en samenstelling.

De afgassen die naar de CO₂-afvanginstallatie worden gevoerd, zullen zowel bij de BEC als bij lijn 4 van de AEC worden afgevangen nadat de emissiemetingen hebben plaatsgevonden. De afvang van CO₂ heeft zodoende geen invloed op de meetresultaten van de afgassen die vrijkomen bij de afvalverbranding. De afgassen die worden afgevangen voldoen aan de emissie-eisen van het Activiteitenbesluit milieubeheer (Abm) en de Activiteitenregeling milieubeheer (Arm).

De samenstelling van de afgassen die door de CO₂-afvanginstallatie worden geleid en uit de absorptiekolom komen, veranderen ten gevolge van de toegepaste behandeling. Echter, door het ministerie van Infrastructuur en Milieu is enkele jaren geleden al aangegeven dat wanneer emitterende bedrijven ten behoeve van nuttige toepassing CO₂ afvangen, dit niet kan leiden tot een overschrijding van emissiewaarden omdat er minder CO₂ in de afgassen aanwezig is. Percentagegewijs zou de emissie van andere componenten hierdoor kunnen toenemen, maar indien dergelijke eisen in een omgevingsvergunning zijn opgenomen, dan mag de afgevangen CO₂ volgens het ministerie bijgeteld worden in de totaalemisatie om alsnog aan de norm te voldoen. Ondanks dat op grond van deze uitspraak van het ministerie het verschil in concentratie van andere componenten dan CO₂ niet tot een overschrijding van vergunde waarden kan leiden, wordt in onderstaande paragrafen toch nader ingegaan op de concentratieverschillen die kunnen optreden voor verschillende componenten ten gevolge van het CO₂-afvangproces.

Samenstelling afgassen voor en na de absorber

De samenstelling van de afgassen bestaat voor het grootste deel (99,98%) uit de hoofdcomponenten CO₂, O₂, N₂, Ar, en H₂O. Daarnaast kan een zeer geringe hoeveelheid aanwezig zijn van enkele andere componenten; o.a. CO, SO₂, NO, NO₂ en NH₃. In deze paragraaf is voor de diverse componenten beschreven hoe de afvang van CO₂ de concentratie van deze componenten in de uitgaande CO₂-arme afgassen beïnvloedt ten opzichte van de concentratie van deze componenten in de afgassen die uit de BEC en lijn 4 geëmitteerd zouden worden, zonder dat de CO₂ hieruit verwijderd zou worden.

Om deze verandering te kunnen bepalen, is in eerste instantie de efficiëntie van de CO₂-afvanginstallatie berekend op basis van de ontwerpwaarden voor in- en uitgaande afgassen. De 'ingangs-ontwerpwaarden' betreffen 'worst case' concentraties van de verschillende componenten in de afgassen, waarbij de installatie nog goed kan functioneren.

De 'uitgangs-ontwerpwaarden' zijn de emissieconcentraties in het afgas van de absorber gebaseerd op de 'ingangs-ontwerpwaarden'. De verandering in concentratie die op deze wijze wordt berekend voor de verschillende componenten geeft de efficiëntie van de installatie. Aan de hand van de middels ontwerpwaarden berekende efficiëntie van de CO₂ afvanginstallatie, is berekend in welke concentraties de verschillende componenten naar verwachting aanwezig zullen zijn in de uitgaande CO₂-arme afgassen, wanneer ten aanzien van de ingangswaarden wordt gerekend met de reële concentraties zoals die voorkomen in de afgassen, afkomstig uit de BEC en lijn 4. De uiteindelijke praktijkwaarden zullen pas bekend zijn op het moment dat de installatie draait. Voorgesteld wordt hiervoor een zelfde iteratief traject te hanteren als voor de pilot plant. Dit staat verder beschreven in §4.3.

Onderstaand volgen stap voor stap de berekeningen die zijn uitgevoerd.

Berekening efficiëntie CO₂-afvanginstallatie

Tabel 2 geeft een overzicht van de samenstelling van de afgassen voor en na de absorber, ten aanzien van de belangrijkste componenten. Het betreft hier de ingaande en uitgaande ontwerpwaarden.

Tabel 2. Samenstelling afgassen op hoofdcomponenten voor en na de absorber (volume%).

	CO ₂ -rijk afgas ingaand		CO ₂ -arm afgas uitgaand	
			Nat	Droog
Temperatuur	85 °C		46 °C	46 °C
Debiet	77.104 Nm ³ /h(droog)		77.089 Nm ³ /h	69.280 Nm ³ /h
CO ₂	11,08 vol% (droog)		1,11 vol%	1,24 vol%
O ₂	4,37 vol% (droog)		4,36 vol%	4,85 vol%
N ₂	83,54 vol% (droog)		83,40 vol%	92,80 vol%
Ar	0,99 vol% (droog)		0,99 vol%	1,10 vol%
H ₂ O	0 vol%		10,13 vol% (droog)	0 vol%

De ingaande afgassen bevatten ca. 11 vol% CO₂ en geen waterdamp. Nadat de afgassen de absorber hebben doorlopen, bevatten ze nog slechts ca. 1,1 vol% CO₂. Dit percentage is aanwezig in natte afgassen, aangezien het proces er eveneens voor zorgt dat hierin ca. 10% waterdamp aanwezig is. De 1,11 vol%_{nat} CO₂ komt overeen met 1,24 vol%_{droog} CO₂, wat inhoudt dat het volumepercentage CO₂ in afgassen door het CO₂-afvangproces afneemt van 11,08 vol% naar 1,24 vol%.

Wanneer de hierboven genoemde volumepercentages worden omgerekend naar debieten (Nm³/h), dan kan hiermee de efficiëntie van de CO₂-afvanginstallatie worden bepaald. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. Samenstelling afgassen op hoofdcomponenten voor en na de absorber (debiet).

	CO ₂ -rijk afgas ingaand	CO ₂ -arm afgas uitgaand	Reductie (%)
Debiet	77.104 Nm ³ /h (droog)	69.280 Nm ³ /h (droog)	
CO₂	8.543 Nm ³ /h (droog)	856 Nm ³ /h (droog)	89,98%
O₂	3.369 Nm ³ /h (droog)	3.361 Nm ³ /h (droog)	0,25%
N₂	64.413 Nm ³ /h (droog)	64.292 Nm ³ /h (droog)	0,19%
Ar	763 Nm ³ /h (droog)	763 Nm ³ /h (droog)	0,02%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de hoeveelheid CO₂ in de afgassen door de CO₂-afvanginstallatie afneemt met ca. 90%, terwijl de hoeveelheden O₂, N₂ en Ar vrijwel onveranderd blijven ten opzichte van de afgassen die de absorber ingeleid worden (de berekende afname valt binnen de foutenmarge van afronding). Dit is conform de verwachting, aangezien O₂, N₂ en Ar niet reageren met de amine-oplossing, noch in de basische reinigungsstap.

Aan de hand van de in Tabel 2 genoemde volumepercentages kan via de concentratie in parts per million (ppm), met gebruikmaking van het molecuulgewicht van de betreffende component, berekend worden wat de concentratie van de betreffende componenten in mg/Nm³ (droog) bedraagt. Voor een aantal in geringere mate in de afgassen voorkomende componenten, heeft de leverancier al concentraties in mg/Nm³ (droog) benoemd bij de in- en uitgaande ontwerpwaarden. In Tabel 4 zijn voor de diverse componenten de ingaande en uitgaande concentraties in mg/Nm³ (droog) weergegeven, met gebruikmaking van de 'worst case' **ontwerpwaarden**.

Tabel 4. Emissieconcentraties in afgassen voor en na de absorber (bij ontwerpwaarden).

	CO ₂ -rijk afgas ingaand	CO ₂ -arm afgas uitgaand	Toename concentratie (g/Nm ³) uitgaand	Resterende massastroom (g/h) uitgaand
Debiet	77.104 Nm ³ /h (droog)	69.280 Nm ³ /h (droog)		
CO₂	214,70 g/Nm ³ (droog)	24,03 g/Nm ³ (droog)	-89%	10,1%
O₂	61,57 g/Nm ³ (droog)	68,34 g/Nm ³ (droog)	11%	99,7%
N₂	1.030 g/Nm ³ (droog)	1.145 g/Nm ³ (droog)	11%	99,9%
Ar	17,41 g/Nm ³ (droog)	19,35 g/Nm ³ (droog)	11%	99,9%
CO	12,9 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	14,1 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	8,9%	97,9%
SO₂	16,5 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	16,2 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	-2,1%	87,9%
NO	56,8 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	63,0 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	10,9%	99,6%
NO₂	24,3 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	27,0 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	11,0%	99,7%
NH₃	7,2 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	8,1 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	12,1%	100,7%

Uit Tabel 4 blijkt dat wanneer de ontwerpwaarden als uitgangspunt worden gehanteerd, voor de meeste van de componenten een toename van de concentratie rond de 10% optreedt in uitgaand afgas, ten opzichte van het ingaande afgas. Dit is conform verwachting: de verwijdering van ca. 90% van het aanwezige CO₂ verlaagt het volume van het totale rookgas met ca. 10% (afhankelijk van het percentage CO₂ dat oorspronkelijk in het ingaande gas aanwezig was). Hierdoor neemt de concentratie van de hierin aanwezige componenten met ca.

10% toe. Voor deze componenten zal de massastroom (de absolute hoeveelheid die in de afgastroom aanwezig is) naar verwachting min of meer gelijk blijven. Er komt in dit geval immers geen hoeveelheid van deze component bij, maar er verdwijnt evenmin iets bij het doorlopen van de CO₂-afvanginstallatie. Dit blijkt ook uit de waarden voor de resterende massastroom in de tabel. Voor NH₃ is er ten aanzien van de massastroom een zeer kleine toename te zien. Deze toename kan worden verklaard door de foutenmarge door afronding in de berekening, maar wellicht kan er ook sprake zijn van een zeer beperkte toename van NH₃ als degradatieproduct van de amine-oplossing. De toename is echter zodanig gering, dat dit niet met zekerheid vast te stellen is.

Concluderend kan worden gesteld dat het afvangen van CO₂ in de absorber geen relevant effect heeft op de meeste andere in de rookgassen aanwezige componenten.

Een uitzondering ten aanzien van bovenstaande conclusie vormt SO₂, waarvoor zowel in de concentratie als in de massastroom een duidelijke afname optreedt. SO₂ wordt in de reinigungsstap in de DCC actief verwijderd door het te laten reageren met NaOH (processtap 1). Hierbij wordt het zout natriumsulfiet (Na₂SO₃) gevormd dat goed oplosbaar is in water en zodoende achterblijft in de basische oplossing. Naast CO₂ wordt dus ook een deel van de SO₂ uit de afgassen gezuiverd.

Berekening concentraties

Voor het berekenen van de in de praktijk verwachte concentraties is uitgegaan van de berekende efficiëntie van de CO₂-afvanginstallatie, oftewel van de in Tabel 4 weergegeven wijzigingen in de concentratie. In de praktijk kan dit niet helemaal 1 op 1 gedaan worden omdat allerlei factoren van invloed zijn op het volume van het afgas en daarmee tevens op de afname van het volume van het afgas door verwijdering van CO₂. Er treden kleine wijzigingen op in het volume van het afgas (en daarmee in de concentratie van de diverse componenten) bij kleine veranderingen in temperatuur en druk. Ook het CO₂ gehalte in het oorspronkelijk ingaande gas is hierop enigszins van invloed. CO₂ is immers het enige element dat in grote hoeveelheid uit de afgasstream wordt verwijderd. Bij een gelijkblijvend percentage verwijderd CO₂, neemt het totale volume van de afgasstream naar verhouding meer af wanneer het initiële gehalte CO₂ in het ingaande gas hoger is. Dit effect is echter, evenals de kleine effecten in volume die worden veroorzaakt door schommelingen in de temperatuur en de druk, verwaarloosbaar. Ten behoeve van de overzichtelijkheid zijn deze kleine fluctuaties hier niet meegenomen.

In Tabel 5 is een overzicht opgenomen van de emissieconcentraties in de uitgaande gassen, wanneer wordt uitgegaan van afgassen afkomstig uit de BEC. Tabel 6 toont de waarden wanneer wordt uitgegaan van afgassen afkomstig uit lijn 4. De samenstelling van de afgassen kan variëren, er wordt in dit geval uitgegaan van de gemiddelde concentratiewaarden die vastgesteld zijn als uurwaarden, met uitzondering van OTNOC (out of normal operating conditions).

Tabel 5. Emissieconcentraties in afgassen voor en na de absorber (bij afgas afkomstig uit BEC).

	CO ₂ -rijk afgas ingaand	Berekende toename concentratie (g/Nm ³) uitgaand	CO ₂ -arm afgas uitgaand
Debiet	77.104 Nm ³ /h (droog)		69.280 Nm ³ /h (droog)
CO₂	219,2 g/Nm ³ (droog)	-89%	24,1 g/Nm ³ (droog)
O₂	58,3 g/Nm ³ (droog)	11%	64,7 g/Nm ³ (droog)
N₂	1031,0 g/Nm ³ (droog)	11%	1.144,4 g/Nm ³ (droog)
Ar	17,4 g/Nm ³ (droog)	11%	19,3 g/Nm ³ (droog)
CO	7,01 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	8,9%	7,63 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
SO₂	2,17 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	-2,1%	2,12 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
NO_x	53,62 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	11,0%*	59,52 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
NH₃	2,39 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	12,1%	2,68 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)

* In deze tabel zijn geen waarden opgenomen voor NO, omdat voor de uitgangswaarden van de BEC alleen een totale NO_x waarde gemonitord wordt en geen aparte waarden voor NO en NO₂. De gehanteerde toename van de concentratie is een gewogen gemiddelde van de concentratietoenames van NO en NO₂ van de ontwerpwaardes.

Tabel 6. Emissieconcentraties in afgassen voor en na de absorber (bij afgas afkomstig uit lijn 4).

	CO ₂ -rijk afgas ingaand	Berekende toename concentratie (g/Nm ³) uitgaand	CO ₂ -arm afgas uitgaand
Debiet	77.104 Nm ³ /h (droog)		69.280 Nm ³ /h (droog)
CO₂	167,0 g/Nm ³ (droog)	-89%	18,4 g/Nm ³ (droog)
O₂	96,7 g/Nm ³ (droog)	11%	107,3 g/Nm ³ (droog)
N₂	1030,0 g/Nm ³ (droog)	11%	1143,3 g/Nm ³ (droog)
Ar	17,4 g/Nm ³ (droog)	11%	19,3 g/Nm ³ (droog)
CO	5,50 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	8,9%	5,99 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
SO₂	1,94 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	-2,1%	1,90 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
NO	38,49 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	10,9%	42,69 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
NO_x	47,36 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	11,0%	52,57 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)
NH₃	0,78 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)	12,1%	0,87 * 10 ⁻³ g/Nm ³ (droog)

Overige emissies

Vanwege de chemische processen die plaatsvinden in de CO₂-afvanginstallatie kan de emissie van een beperkte hoeveelheid aldehydes en (nitros)amines verwacht worden. Om deze emissies te reduceren, wordt een reinigungsstap van de CO₂-arme afgassen toegepast. Op de emissie van aldehydes en amines wordt verder ingegaan in de paragraaf over zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) en in de rapportage over de uitgevoerde ZZS toets, bijlage 7.

De luchtemissies zijn gemodelleerd en getoetst in een separaat luchtonderzoek (zie bijlage 8) waarbij drie scenario's zijn doorgerekend:

- De CO₂-afvanginstallatie staat uit en emissie vindt plaats via bestaande schoorstenen (de huidige vergunde situatie);
- De CO₂-afvanginstallatie draait op aanvoer van de BEC;
- De CO₂-afvanginstallatie draait op aanvoer van de 4^e lijn AEC.

Er wordt ruimschoots voldaan aan de immissienormen en van de stoffen die zijn aangemerkt als ZZS is de concentratie zelfs ruimschoots beneden het Verwaarloosbaar Risiconiveau.

4.1.2 Luchtkwaliteit

Het CO₂-afvangproces is geen bron van additionele stofdeeltjes. Er kan wel enige emissie van PM₁₀ en NO_x verwacht worden als gevolg van extra voertuigbewegingen voor de afvoer van vloeibare CO₂. Het aantal voertuigbewegingen zal toenemen met 28 per dag.

Uit de NIBM-toetsing blijkt dat dit extra verkeer 'niet in betekenende mate bijdraagt' aan de luchtverontreiniging (bijlage 9). Voor de volledigheid zijn PM₁₀ en NO_x wel meegenomen in het luchtonderzoek.

4.1.3 Stikstofdepositie

De stikstofdepositie op nabijgelegen Natura 2000-gebieden is inzichtelijk gemaakt met het rekenprogramma AERIUS-Calculator (bijlage 10).

Er is uitgegaan van het fulltime in bedrijf zijn van de CO₂-afvanginstallatie die in principe draait op de afgassen die worden afgevangen van de BEC. Dit houdt in dat ca. 70% van de afgassen via de absorber wordt geëmitteerd en ca. 30% via de bestaande schoorsteen van de BEC.

Gedurende eventueel onderhoud van de BEC worden de afgassen van de 4^e lijn van de AEC afgevangen. In deze situatie wordt 50% van de afgassen via de absorber geëmitteerd. De stikstofdepositie is berekend t.o.v. de vergunde situatie, dit levert geen verschil op boven de 0,00 mol/ha/jaar. Uit de berekening blijkt dat er zelfs sprake is van een bescheiden reductie van de stikstofdepositie.

Tevens is een scenario doorerekend met lijn 4 van de AEC als voorkeursbron voor de CO₂-afvang, de reden hiervoor is toegelicht onder §5.2.2. Hierbij wordt eveneens geen verschil boven de 0,00 mol/ha/jaar berekend t.o.v. de vergunde situatie.

De voorgenomen activiteit is daarmee niet vergunningplichtig in het kader van de Wet natuurbescherming.

De huidige, in het kader van de Wet natuurbescherming, vergunde stikstofdepositie dient wel in zijn geheel behouden te blijven voor HVC omdat de CO₂-afvanginstallatie op enig moment kan worden uitgeschakeld. Hoewel het afvangen van CO₂ ook tot reductie van de emissies van andere stoffen leidt, en bijdraagt aan de overheidsdoelstellingen om minder broeikasgassen en stikstof te emitteren, is de afvanginstallatie géén verdere reinigungsstap van de afgassen van de BEC en de AEC. Deze installaties werken al volgens de best beschikbare technieken.

HVC is voor het produceren van vloeibare CO₂ afhankelijk van voldoende vraag op de markt. Op dit moment is er nog geen gegarandeerde afname van vloeibaar CO₂ en is de vraag tussen april en oktober hoger dan in de koude maanden. Indien het afgevangen CO₂ (15 ton per uur) niet wordt afgenomen zou dit betekenen dat de beschikbare opslagcapaciteit (1500 ton) binnen 100 uur volledig vol zit. De verwachting is daarom dat met de huidige vraag en de huidige beperkte uitrol van geothermie in de glastuinbouw, de installatie gedurende ca. 5 maanden ofwel stilstaat ofwel zeer beperkt draait. Zolang de afvanginstallatie past binnen de vigerende

natuurvergunning betekent dit dat deze activiteit niet kan leiden tot het aanpassen van de vergunning. Uit de AERIUS-berekeningen blijkt dit het geval.

4.2 Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS)

Met betrekking tot de CO₂-afvanginstallatie is een toetsing uitgevoerd ten aanzien van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) die als gevolg van de activiteit mogelijk geëmitteerd kunnen worden. De rapportage van deze toetsing, waarin tevens het te doorlopen Vermijdings- en Reductieprogramma is opgenomen, is als bijlage 7 toegevoegd.

In het proces dat plaatsvindt in de CO₂-afvanginstallatie, kan een beperkte hoeveelheid amines (zgn. nitrosamines) en aldehydes ontstaan als afbraakproduct. De aanwezige koeler in processtap 1 voorkomt overigens zoveel mogelijk dat afbraakproducten geëmitteerd worden uit het systeem van de absorber danwel de desorber. De emissie wordt verder beperkt doordat het kookpunt van veel nitrosamines aanzienlijk hoger ligt dan het kookpunt van de amine zelf. Daarnaast zal er in de inmiddels draaiende pilot plant van HVC in het kader van een onderzoeksprogramma een experiment gedaan worden met een door TNO ontwikkeld 'Dissolved Oxygen Removal Apparatus (DORA)'. Dit systeem wordt ook getest bij AVR en Twence. Het idee is dat door de verwijdering van opgelost zuurstof het probleem van de afbraak grotendeels bij de bron wordt aangepakt. De hier te leren lessen zullen ook implementeerbaar zijn bij de grote installatie.

Ook wordt er in de pilot plant de komende jaren geëxperimenteerd met een systeem waarin batchgewijs een deel van de amine-oplossing in een separaat vat wordt uitgekookt. Daarbij blijven de hoger kokende nitrosamines e.d. achter in dit vat terwijl de verdampte amine zelf kan worden hergebruikt. Het residu zal dan als afvalproduct worden afgevoerd.

De volgende componenten zijn geïdentificeerd als stoffen die mogelijk kunnen worden geëmitteerd:

Aldehydes:

- | | |
|----------------|----------------------|
| - Acetaldehyde | ZZS lijst |
| - Formaldehyde | ZZS lijst |
| - Benzaldehyde | Potentieel ZZS lijst |

Nitrosamines:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| - N-nitrosodimethylamine (NDMA) | ZZS lijst |
| - N-nitrosomorpholine (NMOR) | Potentieel ZZS lijst |
| - N-nitrosodiisopropylamine (NDIPA) | Groep (dier)geneesmiddelen |
| - N-nitrosopyrrolidine (NPYR) | Groep (dier)geneesmiddelen |
| - N-nitrosopiperidine (NPIP) | Groep (dier)geneesmiddelen |
| - N-nitrosodipropylamine (NDPA) | ZZS lijst |

Ten aanzien van deze mogelijk aanwezige componenten is een uitgebreide toetsing uitgevoerd aan de normen die zijn opgenomen in het Abm en de Arm.

De conclusie van de ZZS toetsing (emissietoets en waar nodig immissietoets) is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7. Conclusie ZZS toets.

Stof	Resultaat ZZS toets emissie	Resultaat ZZS toets immissie
Acetaldehyde	Voldoet aan norm art. 2.5, lid 1 Abm	Ruimschoots beneden MTR
Formaldehyde	Voldoet aan norm art. 2.5, lid 1 Abm	Ruimschoots beneden MTR
Benzaldehyde	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NDMA	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NMOR	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NDIPA	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NPYR	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NPIP	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NDPA	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing

Uit het vermijdings- en reductieprogramma (zie bijlage 7, ZZS toetsing) komt naar voren dat er geen betere alternatieve technieken zijn om CO₂ af te vangen. Aangezien de emissies van ZZS, veroorzaakt door de CO₂-afvanginstallatie, binnen de grenzen van het Abm vallen kan geconcludeerd worden dat deze emissies geen belangrijke nadelige effecten op het milieu hebben.

4.3 Afwijkende bedrijfscondities

De bovenstaande informatie ten aanzien van optredende emissies en immissie van ZZS en andere componenten heeft betrekking op de normale bedrijfsvoering van de CO₂-afvanginstallatie. De installatie wordt continue gemonitord vanuit de controlekamer.

Niet normale bedrijfscondities (OTNOC) kunnen optreden als de installatie buiten gebruik wordt gesteld omdat de veiligheid van personeel of de installatie in het geding komt of als een grote hoeveelheid CO₂, koelmiddel of andere effluent naar het milieu kan ontsnappen. In geval van nood wordt het ESD (Emergency Shut Down) systeem geactiveerd dat zowel op locatie als in de controlekamer bediend kan worden. Als er een storing optreedt in de CO₂-afvanginstallatie, de BEC of lijn 4 van de AEC, waardoor de samenstelling van de afgassen mogelijk wijzigt, dan wordt de CO₂-afvanginstallatie eveneens direct buiten bedrijf gesteld.

Bij het buiten bedrijf stellen van de afvanginstallatie worden de afgassen direct geëmitteerd vanuit de schoorstenen van de BEC cq. lijn 4 en dus niet meer langs de CO₂-afvanginstallatie geleid. Dit conform de vergunning van deze installaties. Er vindt dan geen emissie meer plaats vanuit de absorber.

Hieronder is beschreven aan wat voor praktische criteria gedacht kan worden die leiden tot automatisch afschakelen van de afvanginstallatie. Een storing of het optreden van niet-normale bedrijfscondities zal derhalve niet van invloed zijn op de emissies die kunnen optreden vanuit de absorber.

Beheersing van het proces (operating window)

De afvanginstallatie onttrekt middels een ventilator afgassen uit de schoorsteen. Het uitschakelen van de ventilator leidt tot herstel van de huidige situatie: alle afgassen treden via de bestaande schoorsteen uit naar de atmosfeer (en het impliciet by-passen van de afvanginstallatie). Om te voorkomen dat het amine in de afvanginstallatie te veel wordt aangetast (door zuurstof, NO_x en/of SO_x), of dat de resulterende CO₂ kwaliteit bedreigd wordt, zijn in de bedrijfsvoering van de **pilotplant** van HVC een aantal criteria ontwikkeld en geïmplementeerd in de software die de aanzuigventilator aanstuurt en de afvanginstallatie kan laten trippen indien niet voldaan wordt aan die criteria. Voor de pilot plant zijn die criteria vooral geënt op evt. bijzondere bedrijfssituatie(s) in de afgasreiniging van de BEC:

Tabel 8. Criteria voor afschakelen afgas inname capture plant (pilot plant).

Afschakelen capture KKS_CODE	Omschrijving	Waarde
5HTT10CL001_XH03	(noodbad EWK)	>90%
5HTS60CL001_XH04	(niveau Quench)	<15%
5HTS70CL001_XH04	(niveau NaOH)	<10%
5HTS90CL001_XH04	(niveau absorbertank)	<15%
5HNA95CT001_grd	XH03 (temp afgas na E filter)	>95
5HNE10CQ007_XH01	(NO _x)	>100 mg/Nm ³ 300 sec vertraagd
5HNE10CQ002_XH03	(SO ₂)	>50 mg/Nm ³ 4 uur vertraagd
5GHC30CL001_XH54	(niveau suppletiewater)	<12%
5CHF01EZ301_XA37	(keteltrip)	WAAR
5LCM70CL001_XH03	(niveau condensaat)	>75%

Een vergelijkbare set van criteria zal worden geformuleerd voor de grootschalige installatie, inclusief 'lessons learnt' in de komende jaren.

Tijdens normale bedrijfsvoering vindt er geen emissie plaats vanuit de tank met amine-oplossing. Tijdens het vullen hiervan (na ca. 4000 draaiuren, max. 2 keer per jaar) kan er amine-rijk gas ontsnappen. Dit betreft max 37,5 Nm³/h en bevat 15-25 ppmv amine. Totale jaaremmissie is niet meer dan 70 Nm³ (bij een regeneratie rond de ca. 4000 uur).

Tijdens het tanken van de vloeibare CO₂ in de tankwagens kan het incidenteel voorkomen dat het gasvormige CO₂ i.p.v. teruggepompt te worden naar de vervloeiingsinstallatie geëmitteerd wordt naar de atmosfeer. Dit zal max. enkele minuten bedragen en het effect van ontsnappend CO₂ gas is verder beschreven in §4.5.3

De CO₂-afvanginstallatie wordt voorzien van een F&G system (Fire and Gas detection).

4.4 Geur

CO₂ is een reukloos gas. De amine-oplossing wordt toegepast in een gesloten systeem. Bij het vullen van de amine-oplossing voorraadtank kunnen incidenteel dampen vrijkomen. Amine-oplossing is echter minder vluchtig dan ammoniak en de tank staat dusdanig ver van de inrichtingsgrens (ca. 100 m) dat er geen geuroverlast buiten de inrichting zal kunnen optreden ten gevolge van het vullen van de voorraadtank.

De CO₂-arme afgassen uit de absorber worden geëmitteerd op een hoogte van ca. 55 m. In §4.1 is benoemd dat hier lage concentraties ammoniak in kunnen zitten. De ammoniak wordt gevormd door de afbraak van amines. Deze concentraties zijn lager dan de geurdrempel van ammoniak; de concentratie is door mensen niet waarneembaar. De ammoniak zal bovendien mengen met de atmosfeer waardoor de concentratie op leefniveau nog veel lager is.

Geurhinder ten gevolge van de CO₂-afvang kan daarom worden uitgesloten.

4.5 Externe veiligheid

4.5.1 HAZID

Voorafgaand aan de detailengineering van de CO₂-afvanginstallatie en het opstellen van het MER en de vergunningsaanvraag, is door HVC een HAZID study uitgevoerd (Hazard Identification: risico-inventarisatie). De studie richtte zich op ongewone voorvallen die binnen de CO₂-afvanginstallatie kunnen optreden en de risico's die deze met zich meebrengen. Bij de inventarisatie waren medewerkers van HVC, Linde Gas Benelux, Linde Engineering en Kuiper & Burger betrokken. In bijlage 11 is weergegeven welke ongewone voorvallen binnen de inrichting een risico kunnen vormen.

Uit de HAZID kan geconcludeerd worden dat met de aanwezige beveiligingen en de aanbevelingen die zijn gedaan de risico's voor de directe omgeving van de inrichting beheersbaar zijn. Storingen in de installatie worden snel opgemerkt door het aanwezige monitoringsysteem, waardoor snel ingegrepen kan worden. Hierdoor zal ook de milieuschade die kan ontstaan bij een ongewoon voorval, te verwaarlozen zijn.

4.5.2 Brzo/Bevi

In het kader van dit project is een toets uitgevoerd aan bijlage I van de Seveso III richtlijn ('Brzo toets'). Uit deze toets blijkt dat kaliumcarbonaat onder gevarencategorie H3 in deel 1 van

bijlage I valt en dat watervrije ammoniak wordt genoemd onder de met name genoemde stoffen in deel 2 van bijlage I. Voor beide stoffen geldt echter dat de maximaal binnen de inrichting aanwezige hoeveelheid ruimschoots beneden de lage drempelwaarde valt (zie voor de uitgewerkte toetsresultaten bijlage 12).

Tevens is gekeken naar de reeds op de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen in de huidige vergunde situatie. Uit deze toets blijkt dat de aanwezige hoeveelheden stoffen ook in de huidige vergunde situatie ver beneden de drempelwaarde blijven. Met het toevoegen van de CO₂-afvanginstallatie aan de inrichting komt de inrichting daarom niet onder de werking van het Besluit risico's zware ongevallen 2015 (Brzo '15) te vallen.

Ten behoeve van de CO₂ afvanginstallatie wordt een koelinstallatie gerealiseerd waarin maximaal 2 ton ammoniak aanwezig is. Deze installatie valt onder de reikwijdte van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). De installatie valt op grond van artikel 4, lid 5, onder c van het Bevi onder de zogenoemde categoriale inrichtingen, waarop de in de regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) vastgestelde afstanden van toepassing zijn (ammoniakkoelinstallaties met een inhoud van minder dan 10.000 kg ammoniak).

Voor het bepalen van de afstanden met betrekking tot het plaatsgebonden risico dient tabel 6 uit bijlage 1 bij het Revi te worden toegepast. Voor koelinstallaties met een inhoud van max. 3.500 kg ammoniak geldt dat wanneer de koelinstallatie wordt gerealiseerd conform opstelling 3 (afscheidervat en vloeistofvat beide buiten opgesteld), bij een temperatuur van maximaal - 27°C en een leidingdiameter tussen pomp en verdamper <DN80, de minimale afstand tot (beperkt) kwetsbare objecten 35 m moet bedragen. Hieraan wordt voldaan.

Voor het bepalen van de afstanden met betrekking tot het groepsrisico dient tabel 3 uit bijlage 2 bij het Revi te worden toegepast. Voor koelinstallaties met een inhoud van max. 3.500 kg ammoniak geldt dat, ongeacht de temperatuur van de ammoniak en ongeacht de gekozen opstelling, de grens van het invloedsgebied niet relevant is. Het groepsrisico, de mogelijkheden voor rampbestrijding en de mate van zelfredzaamheid van de bevolking hoeven in dit geval niet te worden verantwoord.

Ten behoeve van de activiteiten opslag van koolstofdioxide in bovengrondse tanks, afvoer koolstofdioxide met een tankauto en de ammoniakkoelinstallatie, is een risicoanalyse uitgevoerd (kenmerk 204268, 8 oktober 2020, zie bijlage 13). Hieruit blijkt dat de plaatsgebonden risicocontour van 1.0×10^{-6} /jaar geheel binnen de inrichting valt. Tevens blijkt uit dit rapport dat het groepsrisico, veroorzaakt door de hierboven genoemde onderdelen van de CO₂-afvanginstallatie, kleiner is dan de oriëntatiewaarde.

4.6 Geluid

De inrichting is gelegen op het gezonde industrieterrein Boekelermeer. In het akoestisch onderzoek (bijlage 14) is een inschatting gemaakt van de geluidsemissie op basis van beschikbare informatie, kentallen en ervaringscijfers. De aangevraagde activiteit leidt tot een

marginale verhoging van de vergunde waarde in de avond- en nachtperiode op één controlepunt. Of de nieuwe activiteit leidt tot overschrijdingen van de toegestane waarden op zonepunten en/of MTG punten dient formeel te worden getoetst door de zonebeheerder.

4.7 Bodem

4.7.1 Nulsituatie bodemonderzoek

De op- en overslag en het gebruik van een amine-oplossing is een bodembedreigende activiteit. Ook de opslag en het gebruik van andere hulpstoffen is bodembedreigend. Daarom is er een nulsituatie bodemonderzoek uitgevoerd op de plaats waar de CO₂-afvanginstallatie gerealiseerd wordt. Geconcludeerd wordt dat de nulsituatie van de bodem met het uitvoeren van dit onderzoek voldoende is vastgelegd (zie bijlage 15). Wel zal in het kader van de bouwwerkzaamheden en de werkzaamheden in de grond die hiervoor moeten plaatsvinden, moeten worden nagegaan of er sprake is van de aanwezigheid van asbest in de bodem.

4.7.2 Bodemrisico-analyse

Voor de CO₂-afvanginstallatie is een toets uitgevoerd aan de Nederlands Richtlijn Bodembescherming (NRB 2012). Hierbij is voor alle bodembedreigende activiteiten binnen de installatie onderzocht welke combinatie van voorzieningen en maatregelen (cvm) wordt toegepast en of hiermee een verwaarloosbaar bodemrisico wordt bereikt.

Alle onderdelen binnen de installatie waar bodembedreigende activiteiten plaatsvinden, worden geplaatst op een vloeistofdichte voorziening. De uitkomst van de toets aan de NRB 2012 is dat voor alle onderdelen met de toegepaste cvm een verwaarloosbaar bodemrisico wordt bereikt. De uitgewerkte toetsresultaten zijn opgenomen in bijlage 6.

4.8 Grond- en hulpstoffen

Met het initiatief wordt vloeibaar CO₂ geproduceerd uit de afgassen afkomstig van de BEC en de 4^e lijn. De vloeibare CO₂ wordt vervolgens als grondstof ingezet door derden.

De belangrijkste hulpstof die wordt ingezet voor de afvang van CO₂ uit de afgassen is een amine-oplossing. Gedegreerde amine-oplossing zal worden afgevoerd naar een erkende verwerker. Voor het proces zal ook natronloog worden toegepast, alsmede een anti-schuim middel. Daarnaast zal ammoniak worden toegepast als koelmiddel in de koelinstallatie. Overige hulpstoffen zijn actief kool dat wordt toegepast om onzuiverheden uit de amine-oplossing te verwijderen, potas (K₂CO₃) voor reiniging van de installatie-onderdelen en silica-gel als absorptiemiddel.

Eenmalig wordt 89 ton amine-oplossing gebruikt om de installatie te vullen. Na ca. 4.000 draaiuren is een regeneratie van de amine-oplossing nodig om de kwaliteit hiervan te kunnen waarborgen. In de pilotinstallatie wordt wekelijks een monster genomen uit de amine-

oplossing om te bepalen wat het gehalte aan actieve bestanddelen is (amine en hulpstoffen) en wat de concentratie is van afbraakproducten (zoals bijvoorbeeld de nitrosamines). Samen met de performance van de afvanginstallatie (rest CO₂ gehalte in de effluent gassen van de absorber) en het energieverbruik per ton afgevangen CO₂, kan dit als een indicator gebruikt worden om te bepalen of de amine-oplossing ververst of geregenereerd moet worden.

Tabel 9. Overzicht hulpstoffen.

Stof	Max. aanwezige hoeveelheid	Opslagwijze	Verbruik
Amine-oplossing	89 ton	Geen opslag, invoer direct in installatie	31.7 ton/jaar
NaOH-oplossing	1 m ³	Geen opslag, invoer direct in installatie	ca. 460 m ³ /jaar
Antischuimmiddel	200 kg	Geen opslag, invoer direct in installatie	0,2 ton/jaar
Ammoniak (t.b.v. koelmachine)	2 ton	Geen opslag, invoer direct in koelinstallatie	0 (geen verbruiksartikel)
Actief kool	3,4 ton	Geen opslag, invoer direct in installatie	3,4 ton bij verwachte levensduur van 6 tot 12 maanden/jaar
Silicagel	2,6 ton	Geen opslag, invoer direct in installatie	2,6 ton bij verwachte levensduur van 2 tot 5 jaar
Pot-as K ₂ CO ₃	5 ton	Geen opslag, invoer direct in installatie	5 ton/jaar

4.9 Afvalstoffen en afvalwater

Het doel van het initiatief is om een (ongevaarlijke) afvalstof die op de inrichting ontstaat (CO₂ in afgas) nuttig toe te passen als secundaire grondstof in bedrijfsprocessen buiten de inrichting. Dit initiatief past hiermee binnen de doelstellingen van doelmatig afvalbeheer.

Het Landelijk afvalbeheerplan 3 (LAP3) voorziet echter niet in een minimumstandaard voor de verwijdering van de afvalstof CO₂. Er is daarom een toets gedaan met hulp van de prioriteitsvolgorde van de afvalhiërarchie zoals vastgelegd in artikel 10.4 van de Wm:

- a. preventie;
- b. voorbereiding voor hergebruik;
- c. recycling;
- d. andere nuttige toepassing, waaronder energieteerugwinning;
- e. veilige verwijdering.

Preventie is voor HVC niet haalbaar. Kernactiviteit van de inrichting is het verbranden van vast afval waarbij CO₂ vrijkomt. Preventie kan alleen als er geen afval meer aangeboden zou worden, dit is niet realistisch.

Voorbereiding voor hergebruik is binnen artikel 1.1 van de Wm als volgt gedefinieerd: *'Nuttige toepassing bestaande uit controleren, schoonmaken of repareren, waarbij producten of componenten van producten, die afvalstoffen zijn geworden, worden klaargemaakt zodat ze zullen worden hergebruikt zonder dat verdere voorbehandeling nodig is.'*

In het voorgenomen initiatief worden afgassen met een gehalte van ca. 10% CO₂ zodanig gezuiverd dat >99% zuivere CO₂ ontstaat. Na vervloeiing is de CO₂ klaar om direct aan klanten te worden geleverd zonder verdere voorbehandeling. Hiermee is sprake van hergebruik van CO₂ uit een afvalstof (de afgassen). Dit project zorgt hiermee voor een stijging van drie treden in de afvalhiërarchie: van de veilige verwijdering via de rookgaskanalen (e) naar voorbereiding voor (her)gebruik (b).

Overzicht belangrijkste afvalstoffen:

- Afgewerkte amine-oplossing
- Afvalstoffen uit filters
- Actief kool

Uit de CO₂-afvanginstallatie komt een incidentele verontreinigde waterstroom vrij die ontstaat bij het reinigen van de amine-oplossing (afgewerkte amine-oplossing). Dit stripwater bevat gedegradeerde amines en kan daarnaast (zeer) lage concentraties van enkele andere afgascomponenten bevatten die in de absorber condenseren, zoals CO en NO_x. Metingen aan het verwijderde CO₂ in vergelijkbare installaties toont aan dat dit product zeer zuiver is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de genoemde componenten niet in de gereinigde CO₂ stroom terecht komen, maar in de spui, oftewel in deze verontreinigde waterstroom. Het totale volume van deze verontreinigde waterstroom bedraagt ca. 640 m³ per jaar en wordt opgeslagen in een sloptank, in afwachting van afvoer naar een erkende verwerker.

4.10 Water

4.10.1 Waterhergebruik

Er komen in de CO₂-afvanginstallatie twee hoofdstromen water vrij:

- DCC condensaat (ca. 6,7 m³ per uur).
Dit is water uit de afgassen dat tijdens het koelen condenseert. Dit water zal HVC hergebruiken als bedrijfswater. Bijkomend voordeel hierbij is dat dit water niet - zoals nu bij het innemen van kanaalwater - onthard hoeft te worden. Uiteindelijk zal dit water ingezet worden in de bestaande gaswassing van de afvalverbrandingslijnen en daar verdampen, zoals nu ook het geval is met onthard water uit kanaalwater.
- LP scrubber condensaat (ca. 1 m³ per uur).

Dit is water uit de amine-oplossing dat condenseert bij het koelen en wassen van het uittredende CO₂ gas uit de desorber. Dit water bevat tot ca. 170 ppmw amines en 13 ppmw NH₄⁺ en is eveneens geschikt om naar de afgaswassing van de afvalverbrandingslijnen af te voeren (evt. na afscheiding van deze stikstofverbindingen). Ook dit water zal uiteindelijk verdampen zoals nu het geval is met onthard kanaalwater.

Per saldo zal HVC ca. 70.000 tot 80.000 m³/jaar kanaalwater minder innemen dan in de huidige bedrijfsvoering en minder chemicaliën gebruiken bij de waterontharding. Voor het proces is geen gebruik van leidingwater nodig.

4.11 Energie

4.11.1 Energie glastuinbouw

In 2017 verstookte de sector ongeveer 3,3 miljard kuub aardgas voor de productie van warmte, CO₂ en elektriciteit¹.

Reductie van de CO₂-emissie in de glastuinbouw kan door energiebesparing of door gebruik te maken van een energievoorziening zonder CO₂-emissie. Naast de uitstoot van CO₂ als gevolg van het gebruik van fossiele energiebronnen gebruikt de glastuinbouw ook CO₂ als meststof; CO₂ is essentieel voor de groei en optimale productie van de gewassen.

Gewassen nemen CO₂ op uit de lucht, als bouwsteen bij de fotosynthese. De gewenste CO₂-concentratie in de kaslucht is hoger dan de concentratie in de buitenlucht. Om een hogere concentratie in de kassen te realiseren wordt CO₂ gedoseerd. In de actuele situatie wordt er hoofdzakelijk gebruikgemaakt van CO₂ uit de rookgassen van aardgasgestookte wkk's en ketels. Hiernaast wordt er al CO₂ van derden extern ingekocht. De laatste jaren bedroeg de inkoop op sectorniveau ruim 0,5 Mton¹.

In de toekomstige situatie zonder aardgasverbruik is er geen eigen CO₂-voorziening meer en is er dus meer externe CO₂ nodig. De geprognoseerde CO₂-behoefte van de glastuinbouw in 2030 loopt in drie scenario's uiteen van 1,8 Mton in het pessimistische scenario tot 3,0 Mton in het optimistische scenario. Het gematigde scenario gaat uit van 2,6 Mton⁵.

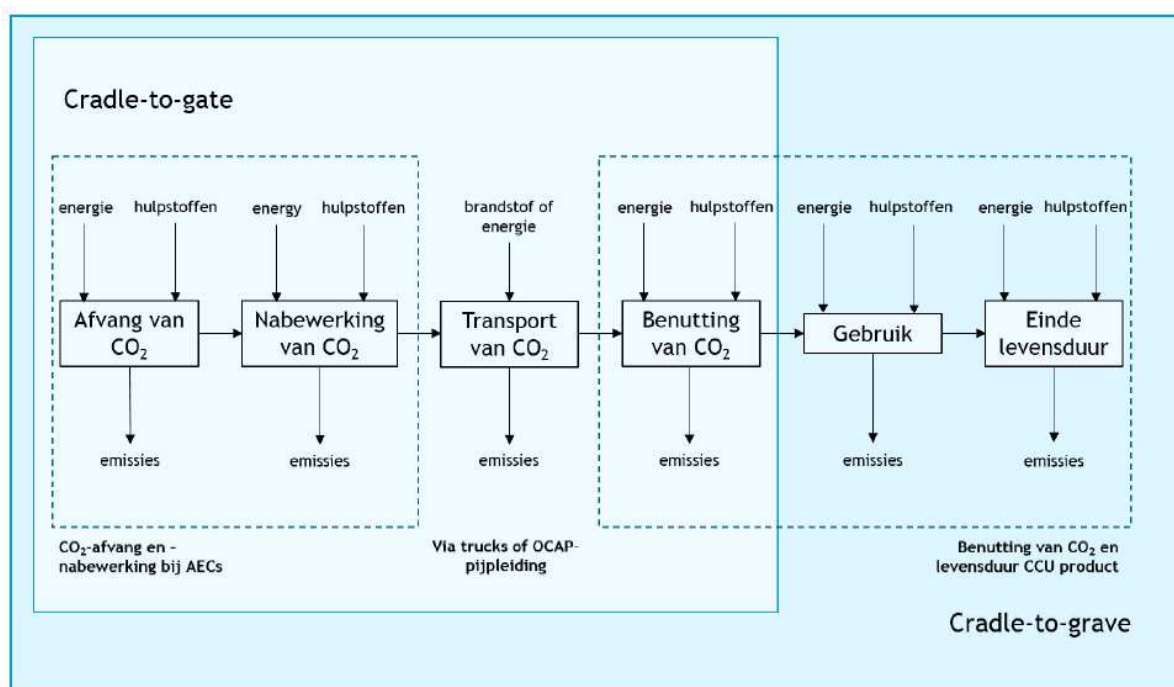
Met een jaarlijkse productiecapaciteit van 125.000 ton CO₂ kan HVC voldoen aan ca. 4,8% van de CO₂-behoefte van de glastuinbouw.

4.11.2 CO₂-balans keten

Door CE Delft is een LCA (levenscyclusanalyse) uitgevoerd voor de drie grootschalige CCU (carbon capture and utilization) projecten waarvoor in 2019 een FEED studie is opgezet met

⁵ CO₂-behoefte glastuinbouw 2030, N.J.A. van der Velden en P.X. Smit, Wageningen University & Research, juni 2019

overheidssteun⁶, zie bijlage 16. Dit betrof een LCA over de gehele keten, zoals in Figuur 6 is aangegeven.



Figuur 6. Systeemgrenzen CO₂-afvang en – benutting (figuur afkomstig uit rapport CE Delft ⁶).

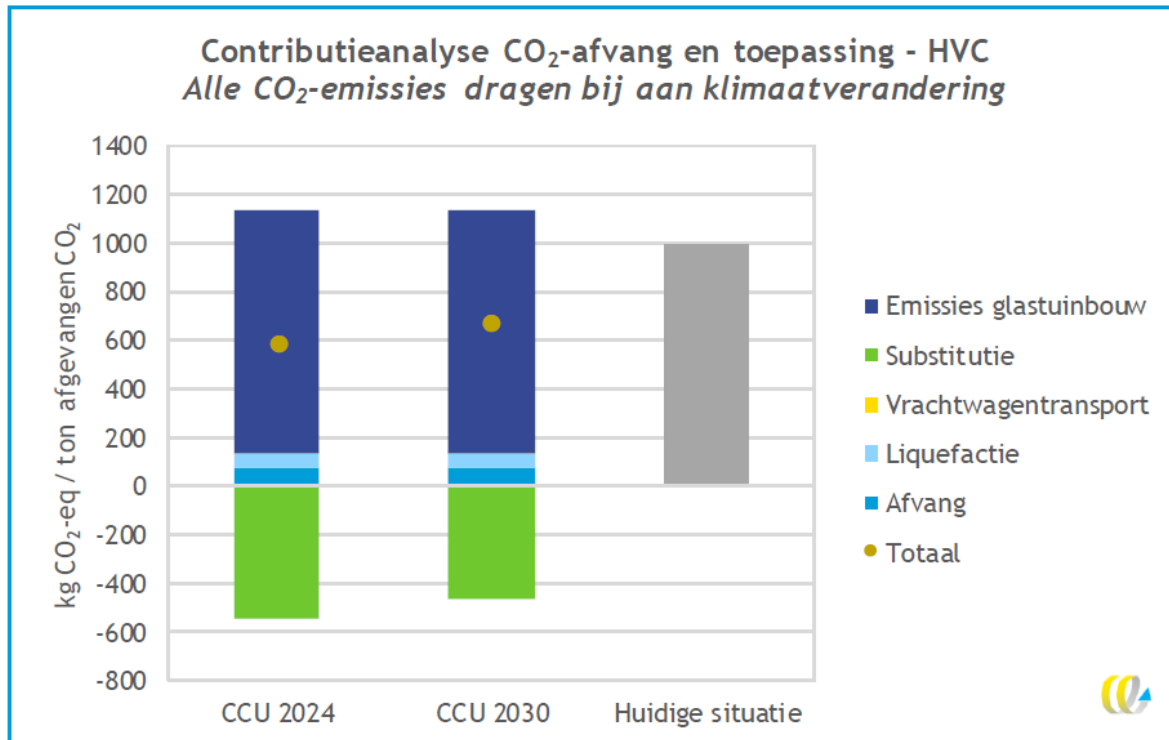
Doel van de LCA studie was om inzicht te krijgen in de klimaatimpact van de afvang van CO₂ en toepassing van de afgevangen CO₂ in de glastuinbouw. De CO₂ reductie die behaald kan worden over de gehele keten is bepaald voor twee zichtjaren; 2024 en 2030.

Omdat zowel hernieuwbare warmtebronnen als de levering van externe CO₂ nodig zijn voor CO₂ reductie ten opzichte van de huidige situatie, wordt in het CE Delft rapport 50% van het klimaatvoordeel van een vermindering in aardgasgebruik toegekend aan het gebruik van de door HVC afgevangen CO₂⁶. Als alleen wordt gekeken naar de zomerperiode, wanneer de WKK alleen aangaat om CO₂ te produceren, kan een reductie voordeel van 95% behaald worden⁷ (zie ook bijlage 17).

Grofweg ontstaat er een emissiereductie van 50% in 2024, zie Figuren 7 en 8. In 2030 is de emissiereductie lager dan in 2024 (Figuur 7, groene balk 'substitutie' en Figuur 8) omdat de referentie verandert in de tijd. Tuinders kunnen in de toekomst andere manieren vinden om hun CO₂ behoefte veilig te stellen zoals een biomassaketel of biogasketel⁶. Maar ook in deze situatie is er nog steeds sprake van een reductie van CO₂ over de gehele keten.

⁶ LCA CCU in de glastuinbouw vanuit Afvalenergiecentrales, CE Delft, juli 2019

⁷ Effect extra CO₂ inkoop op emissie van de glastuinbouw in 2030, WEER, januari 2020



Figuur 7. Contributieanalyse CO₂-afvang en –toepassing (figuur afkomstig uit rapport CE Delft⁶).

In bovenstaande figuur is de referentie de huidige situatie: alle CO₂ gaat via de HVC schoorsteen naar de atmosfeer. Bij CCU blijft de emissie gelijk: het afgevangen CO₂ wordt nu voor 90% indirect alsnog geëmitteerd bij de tuinder. De resterende 10% komt terecht in het gewas (tomaat, paprika, etc.) en wordt enige tijd later alsnog geëmitteerd na consumptie. De emissies glastuinbouw (donkerblauwe balken) zijn dus per definitie gelijk aan de emissie in de referentie (huidige) situatie. Extra emissies ontstaat door het energieverbruik van de afvang- en vervoerinstallatie, alsmede het zo goed als verwaarloosbare vrachtwagentransport (weergegeven op de nullijn in Figuur 7).

De CO₂-emissie beperking ontstaat bij de afnemer, de tuinder, doordat deze geen aardgas meer verbruikt voor CO₂ productie in de kas. Dit zijn de lichtgroene balken onder de nullijn (immers: vermeden emissies). De resultante (daadwerkelijke – vermeden emissies) is in de grafiek aangegeven met de groen-gele stippen.

Projectalternatief	2024 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)			2030 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)		
	0%	50%	100%	0%	50%	100%
HVC CCU	121	413	704	53	327	599

Figuur 8. Emissiereductie door toepassing van CO₂-afvang in 2024 en 2030 t.o.v. huidige situatie (bij toerekening van CO₂-emissiereductie bij levering aan glastuinbouw) (figuur afkomstig uit rapport CE Delft⁶).

4.11.3 Energieverbruik installatie

Het afvangen van CO₂ kost energie. De CO₂-afvang- en vervloeiingsinstallatie wordt elektrisch aangedreven en heeft een elektrisch vermogen van ca. 3 MWe. Wanneer de installatie met een capaciteit van 125 kton CO₂ volcontinue draait (8760 uur/jaar) betekent dit een jaarlijks energieverbruik van ca. $26,3 \cdot 10^3$ MWhe ($3\text{MWe} \cdot 8760\text{h} = 26,3 \cdot 10^3 \text{MWhe}$, of $26,3 \cdot 10^6 \text{kWhe}$).

Daarnaast verbruikt de afvanginstallatie stoom om het CO₂ weer uit de amine-oplossing te koken. Het verbruik aan stoom is ca. 18,5 ton per uur met een druk van 18 bar en een temperatuur van 290°C. Het netto (d.w.z. gecorrigeerd voor de energie die nog in het terug te voeren condensaat achterblijft) thermisch energieverbruik is daarmee 2.350 kJ/kg stoom. Het thermisch vermogen is daarmee 12 MWth. De stoom wordt na gebruik in de CO₂-afvang- en vervloeiingsinstallatie teruggeleid naar HVC waar het licht afgekoeld weer verder in de bestaande processen van HVC wordt ingezet.

Het totaal vermogen van de installatie is daarmee 15 MWh⁸. De energie-input die nodig is per afvangen kg CO₂ wordt als volgt bepaald:

- De hoeveelheid energie die per uur verbruikt wordt is: $15 \cdot 3600 = 54.000$ MJ.
- Per uur wordt 15.000 kg CO₂ afgevangen waarmee bepaald wordt dat $54.000 / 15.000 = 3,6$ MJ/kg CO₂.

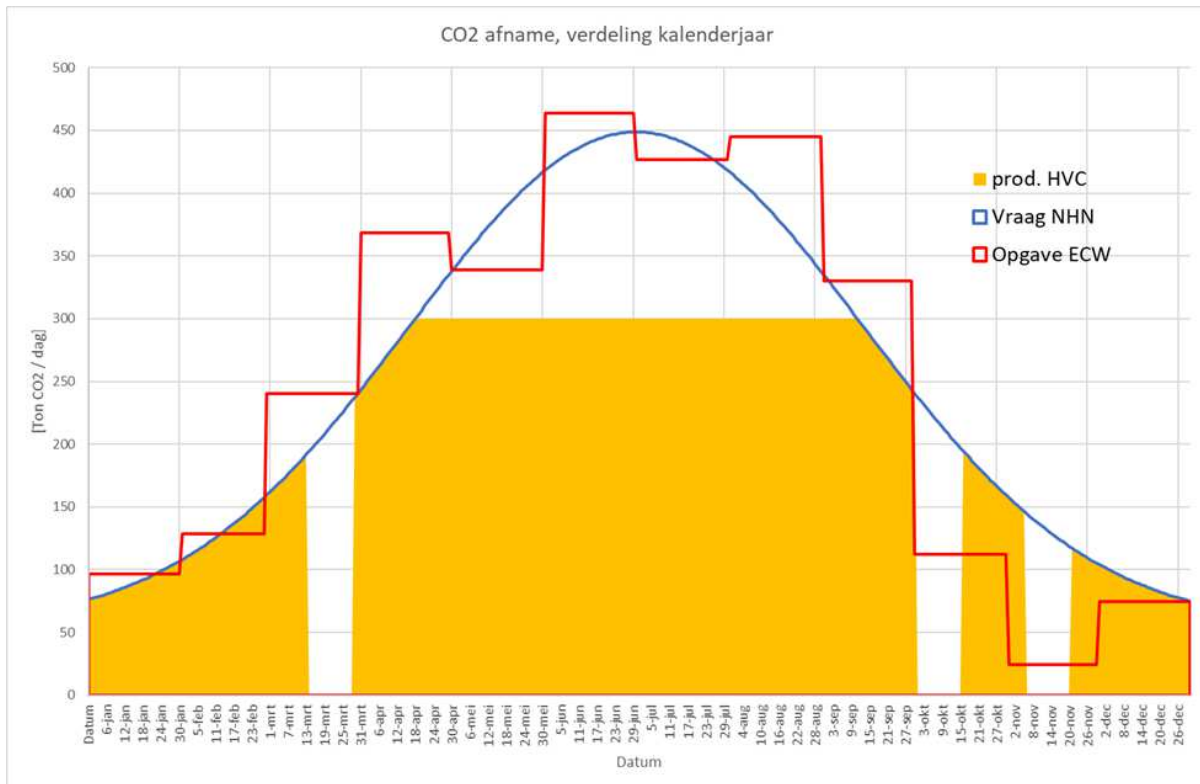
Op het terrein van deze inrichting van HVC is er dus per saldo sprake van een toename van het energieverbruik t.o.v. de huidige situatie. Uiteindelijk vindt er CO₂ en aardgas besparing plaats bij de afnemer, de tuinder, door het gebruik van het CO₂ van HVC in plaats van aardgas.

4.11.4 Invloed tijds- of seizoensgebonden vraag

HVC wil een CO₂-afvanginstallatie realiseren met een capaciteit van 15 ton gereed product per uur. De business case is in dit stadium opgezet voor levering aan de glastuinbouw. Deze bedrijfstak heeft een seizoensafhankelijke vraag. In de zomer is de CO₂ behoefte (vanuit Agriport, Alton en Grootslag) per dag hoger dan de maximale productie van de voorziene CO₂-afvanginstallatie. In de winter zal de vraag lager zijn omdat de aardgasgestookte wkk's en ketels in dit seizoen worden ingezet voor warmteproductie waarbij de rookgassen van deze installaties ingezet worden voor de vraag naar CO₂. In Figuur 9 is de CO₂ vraag uit NHN (Noord-Holland Noord) geschetst voor het jaar 2030 als functie van het seizoen. De curve is in de zomer afgetopt op 300 ton/dag (12,5 ton per uur, voorziene schaalgrootte in 2018). Beneden een bepaalde vraag is het niet rendabel om de CO₂-afvang gaande te houden. In de huidige business case gaat HVC er dan ook van uit dat in de winter de installatie uit staat. Op basis van die aanname wordt geconcludeerd dat er weliswaar capaciteit is voor 125 kton/jaar, maar dat

⁸ Dit zal in de praktijk minder zijn, in het ontwerp is een reserve opgenomen waardoor er hier gerekend wordt met een worst case.

in de nu voorziene praktijk de geraamde vraag vanuit de glastuinbouw voorsnog 75 kton/jaar zal zijn.



Figuur 9. CO₂ vraag NHN voor het jaar 2030 als functie van het seizoen.

Bij toenemende vraag uit de glastuinbouw zal de curve hoger worden (maar die piek kan dus vanwege de maximum capaciteit niet benut worden), maar ook breder. De voor de CO₂ installatie rendabele tijd over het jaar zal dus toenemen. In eerste instantie in het voor- en najaar. Dit is de reden dat HVC in de aanvraag een vergunde capaciteit van 125 kt/jr nastreeft.

Daarnaast is de verwachting dat de maatschappelijke druk toeneemt op CCS. Dit opent perspectieven voor deze afvanginstallatie. Immers technisch is het mogelijk om vloeibaar CO₂ te leveren aan Athos of Porthos, die de CO₂ dan op de gewenste druk laten verdampen en gasvormig op hun hoofdtransportleiding naar een leeg gasveld in de Noordzee brengen. Dit zou ook interessant kunnen zijn voor een derde – fossiele – partij die verplicht wordt tot CCS. Deze partij hoeft dan niet zelf te investeren in een afvanginstallatie maar kan de capaciteit benutten (kopen) van HVC en die capaciteit wordt dan in de winter ingevuld (in de zomer blijft er geleverd worden aan de glastuinbouw).

De milieu-impact verschilt niet zoveel tussen CCU (levering aan glastuinbouw) en CCS (ondergrondse opslag). Het bureau WEcR heeft berekend (bijlage 17) dat één ton CO₂ die in de zomer is geleverd aan de glastuinbouw ca. 0,95 ton CO₂ vermijdt die anders met aardgas zou zijn opgewekt bij de tuinder. Voor CCS geldt dat één ton CO₂ geleverd leidt tot één ton niet geëmitteerde ton CO₂. Indien ook de warmte van de WKK in de glastuinbouw wordt benut is het effect 50% (0,5 ton per aangeleverde CO₂).

4.11.5 Hergebruik van restwarmte

Bij het ontwerp is rekening gehouden met een zo laag mogelijk energieverbruik, zie de toets aan best beschikbare technieken (bijlage 5).

Naast de algemene maatregelen die genomen zijn in het kader van het toepassen van de best beschikbare technieken is globaal onderzocht of er aanvullende maatregelen genomen kunnen worden om het energieverbruik verder te optimaliseren. HVC beschikt over het meest duurzame warmtenet van Nederland⁹ waarbij warmte (warm water) dat vrijkomt bij de bio-energiecentrale via een ondergronds, geïsoleerd leidingnet getransporteerd wordt naar woonwijken en bedrijventerreinen in Alkmaar en omgeving. Het afgekoelde water gaat terug naar HVC waar het opnieuw wordt verwarmd.

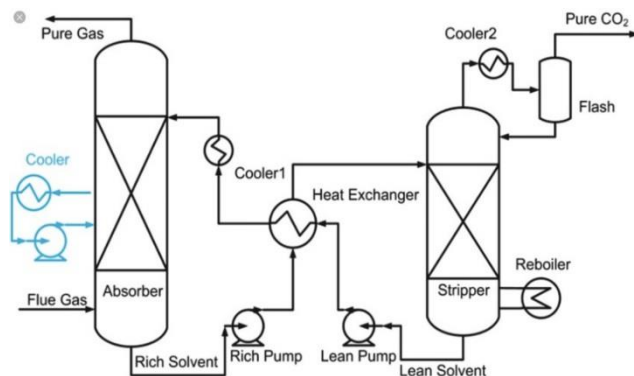
Aangezien er ook bij de CO₂-afvanginstallatie warmte vrijkomt is gekeken naar de mogelijkheid om de afvanginstallatie aan te sluiten op het warmtenet.

Het afvangen en vervloeien van CO₂ uit de schoorsteen van HVC is een proces waarbij op verschillende punten restwarmte ontstaat:

1) Kruiswarmtewisselaar

Onderstaand schema maakt inzichtelijk op welke wijze er warmte wordt teruggewonnen in de CO₂-afvanginstallatie met de amine adsorptie technologie.

⁹ <https://www.warmtenetalkmaar.nl/zo-werkt-het/>



Figuur 10. Schematisch overzicht warmteterugwinning.

Er is sprake van een kringloop van een amine-oplossing. In relatief koele toestand ($25 - 40^{\circ}\text{C}$) absorbeert het amine de CO_2 uit de doorstromende afgassen. Vervolgens laat deze amine de CO_2 weer los bij verhitting tot ca. 135°C . In deze kringloop wordt de amine-oplossing dus steeds afwisselend koud en heet. Om de benodigde energie hiervoor te beperken maakt de installatie gebruik van een kruiswarmtewisselaar. Voordat de koude – met CO_2 beladen – amine-oplossing in de desorberkolom komt, neemt het eerst warmte op middels deze warmtewisselaar van de hete – CO_2 arme – amine-oplossing die uit die desorber komt. Andersom geldt hetzelfde: de hete amine-oplossing uit de desorber wordt gekoeld met de koude amine-oplossing die uit de absorber komt.

Een dergelijk proces is nooit 100% efficiënt. Er treden verliezen op tijdens de warmte-overdracht. Bovendien is het absorberen van CO_2 aan amine (in de absorber) een exotherm proces, en het desorberen (in de desorber) een endotherm proces. Daarom is er een aanvullende koeler (voor intrede amine in absorber) en een reboiler (voor intrede amine in desorber) in de aminekringloop opgenomen.

2) Benutting aftapstoom van de BEC

In standaard bedrijf (zonder stadswarmte-afzet) en zonder CO_2 -afvang kan de BEC alleen elektriciteit produceren als nuttig energetisch product. Dit gebeurt met een stoom-water kringloop en een stoomturbine met een netto elektrisch rendement van ca. 30%. In de zomer is er geen stadswarmtevraag maar juist wel een vraag naar CO_2 . De stoom die de afvanginstallatie nodig heeft voor het nawarmen van de amine-oplossing voordat het in de desorber komt (zie onder kruiswarmtewisselaar) wordt afgetapt uit de stoomturbine, uit een lagere druktrap. Dit houdt in dat de energie in die stoom eerst in de turbine is ingezet om elektriciteit te produceren en in tweede instantie bij lagere druk en temperatuur gebruikt wordt om de lage druk stoom voor de afvang te leveren. Er is daarmee sprake van een warmte-kracht koppeling (WKK), waarmee meer energie gehaald wordt uit de stoom die de BEC produceert. Voor elke 3 GJ stoom die aan de aminekringloop wordt geleverd, gaat slechts 1 GJ aan elektriciteit verloren.

4.12 Flora en Fauna

Het betreft hier een bestaand terrein dat al jaren in gebruik is. Momenteel bevinden zich hier de waterbassins. Het is zeer onwaarschijnlijk dat beschermde flora en fauna aanwezig is.

4.13 Volksgezondheid

De aanleg- en ingebruikname van de CO₂-afvanginstallatie heeft geen negatieve effecten op de volksgezondheid.

De CO₂ zal in kassen worden ingezet waar ook mensen aan het werk zijn. De vloeibare CO₂ is tenminste 99,9% zuiver en bevat weinig overige bestanddelen. Met betrekking tot de overige bestanddelen zijn contractuele afspraken gemaakt over de concentraties van stoffen of stofgroepen die mogelijk van invloed kunnen zijn op (onder andere) de gezondheid van de mens, zie bijlage 3. Hiermee kan het CO₂-gas veilig worden gebruikt in omgevingen waar ook mensen werkzaam zijn.

Voor het afvangen en vloeibaar maken van de CO₂ wordt een installatie geplaatst waar gevaarlijke stoffen zijn ingesloten. In geval de installatie bezwijkt of gaat lekken kunnen deze stoffen vrijkomen. Voor de installatie, incl. de koeling met ammoniak is een risicoanalyse opgesteld. Hieruit blijkt dat de installatie niet tot externe risico's leidt, zie bijlage 13.

De milieuaspecten geur (niet waarneembaar) en geluid veroorzaken geen onaanvaardbare hinderniveaus bij woningen of andere kwetsbare objecten. Hiermee is ook uitgesloten dat geur of geluid van invloed zal zijn op de gezondheid van omwonenden.

5 ALTERNATIEVEN

5.1 Te beschouwen alternatieven

In dit hoofdstuk worden de alternatieven uitgewerkt en toegelicht waarom gekozen is voor de methode zoals beschreven in hoofdstuk 2 met bijbehorende milieueffecten die beschreven zijn in hoofdstuk 4.

De volgende alternatieven worden beschouwd:

- Nulalternatief. Beschreven wordt de energiewinst die behaald wordt door CO₂ af te vangen. Dit wordt gedaan door middel van een energie-CO₂ balans.
- Koppelen van CO₂-afvanginstallatie aan één rookgasafvoer.
- Toepassen van andere technieken. Hier worden de membraantechnologie, cryogene destillatie en pressure swing adsorptie toegelicht.
- Keuze van het type amine als absorptie medium
- Transportkeuze vloeibaar of gasvormig CO₂

5.1.1 Geen locatiealternatieven

Uit jurisprudentie¹⁰ volgt dat een MER voor een omgevingsvergunning geen locatiealternatief hoeft te bevatten. Er kan wel een reden zijn om locatiealternatieven te beschrijven als de omgevingsvergunning tevens ziet op het afwijken van de voorschriften van het bestemmingsplan. In verband met de hoogte van de absorber en andere installatieonderdelen die hoger zijn dan 6 m is er in dit geval sprake van afwijken van het bestemmingsplan. Hiertoe is een ruimtelijke onderbouw opgesteld, zie bijlage 4. Voor de voorgenomen activiteit, het afvangen van CO₂ uit afgassen, is echter geen vergunning nodig voor het handelen in strijd met het bestemmingsplan. Locatiealternatieven hoeven derhalve niet te worden beschouwd.

Er is wegens technische redenen gekozen voor een locatie zo dicht mogelijk bij de schoorstenen. Op het terrein van HVC is geen andere locatie geschikt voor de CO₂-afvanginstallatie. Locatiealternatieven buiten de inrichting zijn, vanwege de noodzakelijke nabijheid van de verbrandingslijnen, niet haalbaar.

5.2 Beschrijving en beoordeling alternatieven

5.2.1 Nulalternatief

Momenteel wordt alle CO₂, samen met de afgassen, uitgestoten. Afvang en hergebruik van de CO₂ betekent klimaatwinst. Het afvangproces gebruikt echter ook energie. Om inzichtelijk te maken hoeveel de klimaatwinst bedraagt is een berekening gemaakt van energieverbruik t.o.v.

¹⁰ ABRvS 23 april 2008, nr 200704125/1.

bespaarde CO₂ uitstoot. De resultaten daarvan laten zien dat het afvangen van CO₂ uit de afgassen aanzienlijk minder energie kost dan de productie van CO₂ in aardgasgestookte wkk-installaties, zoals in de glastuinbouw nu het geval is. Bovendien wordt hierdoor minder aardgas verbruikt en minder NO_x geëmitteerd (zie paragraaf 4.11).

5.2.2 Koppelen van de CO₂-afvanginstallatie aan één rookgasafvoer

Dit alternatief is mogelijk, maar minder wenselijk. Koppelen aan twee verbrandingslijnen heeft namelijk als voordeel dat een stagnatie in de verwerking bij één lijn, kan worden opgevangen door de koppeling aan een andere lijn. Op deze manier is de aanvoer van afgassen naar de CO₂-afvanginstallatie, en daarmee de levering van CO₂ aan derden, beter gegarandeerd. En leveringszekerheid is op termijn essentieel om de tuinder niet alleen de gasgestookte WKK uit te zetten, maar deze zelfs helemaal af te schaffen ten faveure van geothermie en externe CO₂.

Om verbrandingslijnen te kunnen combineren is het voor de CO₂-afvanginstallatie van belang dat de te verwerken afgassen vergelijkbare eigenschappen hebben.

Er is gekozen voor de rookgasafvoer van de BEC en verbrandingslijn 4 van de AEC omdat deze lijnen een lagere temperatuur hebben dan de overige verbrandingslijnen en minder nakoeling vergen voordat de CO₂ eruit gewonnen kan worden. Tevens hebben deze lijnen een vergelijkbaar debiet (zie Tabel 1). Het gebruik van de andere verbrandingslijnen kost meer energie en is daarmee onwenselijk.

De combinatie van de BEC (ingående stroom B-hout) en de 4^e lijn van AEC (afval) biedt tevens een robuuste en flexibele aanvoerbron voor de lange termijn.

De afvang van de afgassen van deze lijnen zal niet tegelijkertijd plaatsvinden. Door middel van een 2-wegklep kan geschakeld worden tussen beide kanalen. De reden dat ervoor is gekozen om zowel vanuit de BEC als vanuit lijn 4 afgassen te kunnen aanvoeren, is om eventuele onderhoudstops of storingen bij een van de twee lijnen te kunnen opvangen en daarbij toch levering van CO₂ te kunnen garanderen. Er wordt hiervoor uitgegaan van gemiddeld ca. 4 uur per week. Daarnaast wil HVC voorbereid zijn op de situatie dat het belastingtechnisch voordeliger is om CO₂ uit niet-groene bronnen te reduceren. In dat geval bestaat de mogelijkheid om lijn 4 als de voorkeursbron te hanteren, met de afgassen van de BEC als back-up. De andere drie AEC-lijnen van HVC komen niet in aanmerking omdat de uittrede temperatuur van de afgassen daarvan 170 °C bedraagt, wat te veel koelcapaciteit zou vergen om deze geschikt te maken voor de afvanginstallatie.

Aangezien het afgas van de BEC een iets hoger CO₂ gehalte heeft dan dat van lijn 4 (zie Tabel 1), kan in de gekozen afvanginstallatie meer gewicht aan CO₂ worden geproduceerd per uur met afgas van de BEC dan met afgas van lijn 4. Mede omdat CO₂ uit de BEC als groen kan worden bestempeld (interessant vanuit oogpunt van de tuinders) is de BEC de voorkeursbron van het CO₂ en lijn 4 de back-up als garantie voor de leverbetrouwbaarheid.

5.2.3 Toepassen van een andere techniek

Toepassen van een andere techniek, te weten de zogenaamde membraantechnologie, cryogene destillatie of pressure swing adsorptie.

Membraantechnologie

Deze techniek werkt door scheiding op basis van molecuulgrootte. De permeatiesnelheid van componenten door een membraan (een semipermeabele laag) verschilt onderling waardoor de component met de hoogste permeatiesnelheid geconcentreerd wordt aan de andere zijde van het membraan.

Membraantechnologie is vooral geschikt voor hoge CO₂-concentraties, terwijl de BEC en de 4^e lijn van de AEC lagere CO₂-percentages in de afgassen hebben (11% resp. 8%). Door de hogere drukken die nodig zijn (druk is de drijvende kracht van het scheidingsproces), is dit proces bovendien energie-intensiever dan een absorptietechniek. Daarnaast is ook gebleken dat tot nu toe de zuiverheid van afgevangen CO₂ met behulp van membraantechnologie lager dan is bij toepassing van de door HVC aangevraagde technologie. Gelet op de toepassing in de glastuinbouw is een verminderde zuiverheid niet wenselijk. Deze techniek ligt om genoemde redenen niet voor de hand.

Cryogene destillatie

Cryogene destillatie is een scheidingstechniek waarbij de afgassen sterk worden afgekoeld waarbij rijpvorming plaatsvindt bij een temperatuur van -78°C en CO₂ kan worden afgevoerd uit de afgasstroom. De afgasstroom zou, in het geval van HVC, hiervoor actief gekoeld moeten worden, wat in een negatieve energiebalans zou resulteren. HVC beschikt juist over een grote hoeveelheid restwarmte.

Cryogene destillatie is bovendien met name geschikt voor afgassen met een CO₂-concentratie van tenminste 75%. De concentratie CO₂ in de afgassen van de BEC en lijn 4 van de AEC liggen met 11, respectievelijk 8%, aanzienlijk lager dan de voor cryogene destillatie geschikte percentages. Deze techniek ligt om genoemde redenen niet voor de hand.

Pressure Swing Adsorptie (PSA)

Bij dit proces wordt CO₂ afgevangen doordat het zich onder hoge druk hecht aan een oppervlak gecoat met een voor CO₂-adsorptie specifieke verbinding. De CO₂ wordt vervolgens weer vrijgemaakt bij lagere druk.

Pressure swing adsorptie heeft als nadeel dat de resulterende zuiverheid van de afgevangen CO₂ relatief laag is. Om de benodigde zuiverheid te behalen moet, naast PSA, ook cryogene destillatie worden toegepast. Daarnaast is er voor PSA een veel hogere druk nodig in de installatie dan bij de absorptietechniek zoals die door HVC gekozen is. Deze techniek ligt om genoemde reden niet voor de hand.

5.2.4 Keuze van het type amine als absorptie medium

De Basis of Design voor deze CO₂-afvanginstallatie is uitgewerkt met Linde. Deze partij werkt weer samen met BASF in de ontwikkeling van het capture systeem. BASF heeft in de afgelopen 10 jaar een solvent (absorptiemiddel) ontwikkeld. De ontwikkeling zit vooral in het

stabiel/resistent maken van het adsorptiemiddel tegen degradatie enerzijds en anderzijds het minimaliseren van het energieverbruik. Deze ontwikkeling heeft plaatsgevonden bij een pilotplant van BASF bij een bruinkoolcentrale in Niederaussem in Duitsland.

In de pilot plant van HVC wordt momenteel een mengsel van water (50%), MDEA (40%) en piperazine (10%) ingezet. Dit is een absorptiemiddel dat commercieel verkregen kan worden bij Dow Chemical. Hiervan is bekend dat het een tertiair amine bevat dat goed bestand is tegen degradatie, maar een relatief hoog kookpunt heeft. Dit mengsel vergt dus relatief veel energie bij het uitkoken van de beladen amine-oplossing.

Inmiddels werken TNO Delft en HVC samen in een 3-jaars onderzoekprogramma betreffende deze pilot plant. Doel is om meer inzicht te krijgen in de performance (efficiency e.d.) van de pilot plant als geheel en de degradatie van amine specifiek. Na twee jaar zal het huidige absorptiemiddel worden vervangen door een door TNO ontwikkelde amine-oplossing. En de performance hiervan zal in het derde jaar van het programma bepaald worden.

AVR in Duiven werkt met het al langer voor dit doel in gebruik zijnde amine-mengsel MEA in haar CO₂-afvanginstallatie. De gedachte hierbij is dat het vrij van patentrechten verkrijgbaar is en dus goedkoper is. Nadeel is de hogere degradatie snelheid.

Op het moment van het opstellen van dit MER is er nog geen amine aan te wijzen dat het beste is in termen van degradatie (milieu) en kookpunt (energiekosten) en werking (efficiency). De ontwikkeling van amine-absorptie bij afvalverbrandingsprocessen is namelijk nog niet zo ver. Gelet op de huidige ontwikkelingen in Nederland zal dat over 5-10 jaar duidelijker zijn.

5.2.5 Transportkeuze vloeibaar of gasvormig CO₂

Anders dan AVR Rozenburg of AEB Amsterdam ligt HVC Alkmaar niet in de buurt van de OCAP leiding die momenteel gasvormig CO₂ transporteert naar glastuinbouw gebieden in Zuid-Holland en in Noord-Holland.

Voor de grote glastuinbouwgebieden in Noord-Holland (Alton, Grootslag en Agriport) geldt dat deze nog verder van deze OCAP leiding af liggen dan HVC zelf.

Gelet op de geografie van HVC Alkmaar en deze glastuinbouw gebieden ligt het voor de hand dat HVC Alkmaar deze gebieden gaat beleveren.

In 2010 is er door Stedin en Joulz al in opdracht van HVC een studie uitgevoerd naar CO₂ levering aan Noord-Hollandse glastuinbouwgebieden vanuit HVC Alkmaar. Hier is gekeken naar tracé's voor pijpleidingen en opslag ter plekke bij de tuinders. De conclusie was dat er nog veel moest worden uitgezocht om een keuze te maken voor de uiteindelijke levering per pijpleiding of per tanktransport.

Anno 2020 kiest HVC voor vervloeiing in plaats van pijpleidingen, op basis van de volgende afwegingen:

- Vervloeiing leidt tot een impliciete zuivering van het gasvormige CO₂. De kwaliteit kan beter gegarandeerd worden dan bij levering per pijpleiding zonder vervloeiing.

- Levering per pijpleiding vergt ook compressie (OCAP leiding staat op maximaal 16 bar). De (elektrische) energiebesparing van levering per pijpleiding is daarmee beperkt.
- Met een pijpleiding leggen producent en afnemer zich fysiek vast op een langjarige verbintenis. Dat is niet wenselijk omdat HVC de markt nog niet goed kent en de kwaliteit van CO₂ gaslevering ook onzeker is. Bij goede kwaliteit zou lucratievere food-grade leveringen interessant kunnen zijn.
- Levering aan andere partijen dan de glastuinbouw gebieden is niet mogelijk ingeval van een pijpleiding en zonder een vervloeiingsinstallatie.

Er is ook een mogelijkheid om vloeibaar CO₂ per schip te leveren aan Agriport en mogelijk ook Alton. Hiernaar is in 2019 een studie uitgevoerd door Shipco in opdracht van onder meer HVC. De uitkomst is dat alleen relatief kleine schepen vanuit HVC Alkmaar Agriport en Alton kunnen bereiken. De ontwikkeling hiervan zal meer in beeld komen zodra de (grootschalige) productie bij HVC een feit is en de voortschrijdende geothermie bij de tuinders de vraag naar CO₂ structureel vergroot. Transport per pijpleiding of schip vergt aanzienlijke investeringen en dus schaalgrootte om te kunnen concurreren.

BIJLAGENLIJST

Bijlage 1	Eindrapport Alkmaar Bio-CO ₂ Liquefaction for Greenhouses ('Ambition'), HVC, 28 november 2019
Bijlage 2	Eindrapport Alkmaar Biomass Energy carbon capture use ('Ambience'), HVC, 29 februari 2020
Bijlage 3	OCAP-norm
Bijlage 4	Ruimtelijke onderbouwing CO ₂ -afvanginstallatie
Bijlage 5	BBT-toets
Bijlage 6	NRB-toets
Bijlage 7	ZZS-studie
Bijlage 8	Immissieberekeningen HVC Alkmaar i.v.m. realisatie CO ₂ -afvanginstallatie
Bijlage 9	NIBM
Bijlage 10	AERIUS-berekeningen
Bijlage 11	HAZID
Bijlage 12	Brzo-toets
Bijlage 13	Risicoanalyse
Bijlage 14	Akoestisch-onderzoek
Bijlage 15	Nulsituatiebodemonderzoek
Bijlage 16	LCA CCU in de glastuinbouw vanuit Afvalenergiecentrales, CE Delft, juli 2019
Bijlage 17	Effect extra CO ₂ inkoop op emissie van de glastuinbouw in 2030, WECR, januari 2020



Kuiper & Burger Advies en ingenieursbureau
Jan van Beaumontstraat 1
2805 RN Gouda

t +31 (0)85 – 044 26 00
e info@kuiperburger.nl
w kuiperburger.nl

Artos Milieu- en Omgevingsadvies
Hofdijklaan 49
2374 BS Oud Ade

t 06-25131044
e info@artosmilieu.nl
w www.artosmilieu.nl

Eindrapport

Alkmaar Bio-CO₂ Liquefaction for Greenhouses (‘Ambition’)

colofon.

- **kenmerk** RVO referentienummer TCCU218003
- **status** definitief
- **versie** 4
- **auteur(s)** Jan-Peter Born, Bas Kessel
- **datum** 28 november 2019

inhoud.

1	Openbare samenvatting	4
2	Overzicht van deelnemers	5
3	Achtergrond van dit project	6
3.1	Inleiding en probleemstelling	6
3.2	CO ₂ in de regio Alkmaar	6
3.3	CO ₂ -vraag - Glastuinbouw	7
3.4	Bijeenbrengen van vraag en aanbod	7
3.5	Probleemstelling	8
4	Doelstelling en context	9
4.1	Doelstelling en resultaat van dit project	9
4.2	Belang van dit project en relatie tot voorafgaande en vervolgtrajecten	9
4.3	Relatie met grootschalige demonstratie	10
5	Opzet van het project	12
5.1	Projectaanpak en werkplan	12
5.2	Beschrijving werkpakketten	13
6	Vorbereiding & basic Engineering	15
6.1	Basic engineering van de CO ₂ -vervloeingsinstallatie	15
6.2	Vorbereidende werkzaamheden in de BEC	16
6.3	Opzet van de meetcampagnes	16
7	Bouw en Inbedrijfstelling	18
7.1	Bouw	18
7.2	Inbedrijfstelling	20
8	Pilot CO₂ vervloeiing	22
8.1	Meetcampagne samenstelling en kwaliteit	22
8.2	Analyse geschiktheid LCO ₂ voor de glastuinbouw	23
8.3	Testen van CO ₂ -vervloeingsinstallatie	24
9	Business case	25
9.1	Actualisatie van de Business Case	25
9.2	Toekomstige externe factoren op de Business Case	25
10	Kennisdeling	27
10.1	Publicatie van de resultaten	27
10.2	Maatschappelijke acceptatie van LCO ₂ van BECs verhogen	27
10.3	Er is een pilot plant in Nederland aanwezig voor testen	28

1 Openbare samenvatting

HVC heeft in de periode medio 2018 – medio 2019 een pilotplant voor de afvang voor CO₂ gerealiseerd. Dit deelproject staat bij RVO bekend als 'Ambience'. In onderhavig project 'Ambition' staat de vervloeiing en afzetbaarheid van het CO₂ centraal. In de periode eind 2018 – 3^e kwartaal 2019 is de vervloeiingsinstallatie gerealiseerd en zijn er uitgebreidere metingen verricht aan de kwaliteit van het ingaande CO₂ gas in de vervloeiing.

HVC heeft als onderdeel van dit project aan CATO Engineering opdracht gegeven om de vervloeiing te realiseren. CATO Engineering is ook de partij geweest die voor HVC de afvang installatie heeft geleverd en is dus bij uitstek instaat om het gehele van beide installaties te integreren en te koppelen aan de algehele HVC procesbesturing.

Het opstellen en uitvoeren van het meetprogramma voor het bepalen van verontreinigingen in de CO₂ is uitgevoerd door projectpartner ECN (thans TNO.ECN). Hierbij is in het Ambition project gekeken naar het lot van de verontreinigen die al in het rookgas aanwezig zijn dat aan de CO₂ afvang wordt gevoed.

Deze meetresultaten zijn vergeleken met de kwaliteitseisen van een gevestigde leverancier van CO₂ aan de glastuinbouw. Het geanalyseerde CO₂ gas dat de vervloeiing ingaat bleek – qua verontreinigingen - al te voldoen aan de eisen die leverancier van CO₂ aan de glastuinbouw hanteert. Onvolkomenheden waren nog het zuurstof en vochtgehalte, maar dit zijn bij uitstek componenten die in de vervloeiing uit het CO₂ gas worden verwijderd.

Hiermee is de haalbaarheid van de productie van bio-LCO₂ uit de rookgassen van een op vervuild B-hout gestookte biomassacentrale bevestigd.

Wel is het project geplaagd door vertragingen en een aaneenschakeling van technische problemen. Dit geldt zowel voor het afvang gedeelte als de vervloeiing. Daarom bleek het niet mogelijk om voor de (uitgestelde) einddatum van het Ambition project een uitspraak te doen over:

- Kwaliteit van de LCO₂ na de verdamping
- Energieverbruik van de vervloeiing
- Afzetbaarheid van LCO₂ als functie van het kalenderjaar

Echter, HVC is voornemens om deze pilot plant vele jaren in bedrijf te houden en te exploiteren. Dus in 2020 en verder zullen zeker de gegevens gegenereerd worden waar 'Ambition' niet aan toegekomen is in het relatief korte tijdsbestek van dit project. Daar waar het project dus niet geslaagd is, is er eerder sprake van '**nog** niet gelukt', in plaats van 'mislukt'.

2 Overzicht van deelnemers

N.V. HVC

Beschrijving:	HVC is verantwoordelijk voor het duurzaam afvalbeheer van haar aandeelhouders, zijnde 46 gemeenten en 6 waterschappen in de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Flevoland. Daarnaast produceert HVC duurzame energie met de verwerking van (biogene) afvalstromen. Deze energie levert HVC aan gemeenten, waterschappen, bedrijven en particulieren.
Motivatie deelnemer:	Het is voor HVC wenselijk en noodzakelijk om steeds te zoeken naar verwaarding van momenteel nog niet benutte afval- en reststromen. Dit om de afvalverwerking betaalbaar te houden en zo veel mogelijk waarde te onttrekken aan het afval. Daarnaast sluit dit streven ook nauw aan bij de transitie naar een circulaire en duurzame economie, en daarmee bij de missie en strategie van HVC, die is gericht op hergebruik van grondstoffen en de productie van duurzame energie. HVC emitteert momenteel ca. 1,4 Mton CO ₂ op jaarbasis en begrijpt dat dit omlaag moet om ook in de toekomst te kunnen blijven spreken van duurzaam afvalbeheer.
Bijdrage aan het project:	HVC zal in het project haar faciliteiten beschikbaar stellen voor de uitvoering van dit project. Het zal investeren in een CO ₂ -vervloeingsinstallatie, die aangesloten wordt op de uit de biomassa energiecentrale afgevangen CO ₂ op het HVC-terrein in Alkmaar.

Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)

Beschrijving:	Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) is het grootste onderzoeksinstituut op energiegebied in Nederland. ECN ontwikkelt nieuwe technologieën en verricht met zo'n 500 medewerkers op diverse manieren baanbrekend onderzoek naar innovatieve oplossingen om zo de overgang naar een duurzame energiehuishouding mogelijk te maken. ECN is o.a. actief op de onderzoeksterreinen zonne-energie, windenergie, biomassa, energiebesparing in de industrie, opslag/integratie van duurzame energie en CCS.
Motivatie deelnemer:	In dit project komen vier voor ECN belangrijke aspecten samen. Ten eerste is CO ₂ -reductie een van de primaire doelen die ten grondslag liggen aan het onderzoek en de ontwikkeling die ECN verricht. Ten tweede sluit onderzoek naar CO ₂ -vervloeing bij energieopwekking uit biomassa direct aan bij het onderzoeksterrein biomassa waarop ECN zich begeeft. Ten derde is het voor ECN belangrijk om ook de vertaalslag naar praktische toepassingen te kunnen maken. En ten vierde zet ECN zijn kennis, ervaring en faciliteiten in om de industrie te ondersteunen bij innovaties op het gebied van de transitie naar een duurzame energievoorziening.
Bijdrage aan het project:	ECN zal in dit project onderzoek verrichten naar de verontreinigingen in de CO ₂ direct na de CO ₂ -afvang. Daarnaast zal ECN de verontreinigingen meten in de CO ₂ die weer verdampt wordt nadat deze vervloeid is geweest.

3 Achtergrond van dit project

Dit project richt zich op vervloeiing van CO₂, afgevangen bij biomassaverbranding en de levering hiervan aan de glastuinbouw. In een pilotproject is de toepassing van technologie voor CO₂-vervloeiing onderzocht. Van belang hierbij is de onzekerheid die bestaat omtrent de verontreinigingen in de afgevangen CO₂, en hoe deze zich verhouden tot toepassing in de glastuinbouw. Ook wil HVC met deze pilot ervaring opdoen met de (seizoen afhankelijke) vraag en prijsstelling van vloeibare CO₂. Deze informatie is essentieel om de business case voor toekomstige grootschalige CCUS-projecten met voldoende zekerheid te kunnen opstellen. Dit project is daarmee een belangrijke en noodzakelijke stap op weg naar grootschalige demonstratie.

Dit project bouwt voort op het AMBIENCE-project¹, waarin de afvangst centraal staat.

3.1 Inleiding en probleemstelling

Verbranding van biomassa levert een belangrijke bijdrage aan het verduurzamen van de Nederlandse energiehuishouding. In Nederland staan vier grote Bio Energie Centrales (BEC's). Deze centrales verbranden B-hout² en stoten gezamenlijk ongeveer 1 Mton CO₂ per jaar uit. Ter vergelijking: de 13 afvalenergiecentrales (AEC's) in Nederland stoten gezamenlijk 8 Mton per jaar uit.

Qua huidige uitstoot zijn BEC's in principe CO₂-neutraal, aangezien de bij verbranding vrijkomende CO₂ "recentelijk" aan de atmosfeer onttrokken is. In combinatie met een geschikte afvang- en opslag- of hergebruikstechnologie, biedt dit de aantrekkelijke mogelijkheid om een BEC CO₂-negatief te maken. Hierbij wordt via plantengroei de CO₂ aan de atmosfeer onttrokken. Deze CO₂ wordt bij verbranding afgevangen en opgeslagen/hergebruikt. Bij opslag wordt de CO₂ onttrokken aan de atmosfeer; bij hergebruik wordt de CO₂ nuttig ingezet, waardoor CO₂ productie elders vermeden kan worden. Dit concept staat recentelijk volop in de belangstelling als een concept dat een belangrijke rol kan spelen in het behalen van de klimaatdoelen³. In dit project wordt hiermee concrete ervaring opgedaan in de regio Alkmaar.

3.2 CO₂ in de regio Alkmaar

In 2008 opende HVC de biomassa-energiecentrale in Alkmaar. In deze centrale wordt jaarlijks 170.000 ton afvalhout verbrand, wat 200.000 MWh groene elektriciteit per jaar oplevert, genoeg voor de stroomvoorziening van 60.000 huishoudens. Sinds 1 januari jl. valt deze installatie onder de SDE+ en levert zij ook alle warmte die het stadswarmtenet van de regio Alkmaar/Heerhugowaard/Langedijk nodig heeft. In de SDE+ beschikking⁴ is warmtelevering van de BEC als nuttige (subsidiabele) warmte geoormerkt, inclusief de evt. stoomlevering die nodig is voor carbon capture. Dit laatste helpt om de onrendabele top van deze pilot te verlagen. Dat maakt deze locatie zeer geschikt om relatief laagdrempelig op pilotschaal te experimenteren met relevante aspecten van CCUS.

De CO₂-uitstoot van deze centrale bedraagt 180.000 ton per jaar. Deze CO₂ verdwijnt momenteel in de atmosfeer. Afvang en hergebruik/opslag van deze CO₂ kan een significante bijdrage leveren aan de nationale doelstellingen op het gebied van CO₂-reductie.

¹ Bekend onder referentie TCCU117006

² Hardboard, zachtboard, spaanplaat, vezelplaat, geperst hout, gebruikte meubels, geferfd hout, deuren, kozijnen, niet-geïmpregneerd houtafval, sloophout, triplex en multiplex

³ IEA (2016): 20 Years of carbon capture and storage, accelerating future deployment, pagina 80 e.v.

⁴ Bekend onder referentie SDE1500071

Een obstakel hierbij is dat de samenstelling en kwaliteit van de uit de BEC afgevangen CO₂ onbekend is, om twee redenen. Ten eerste is het B-hout dat in de BEC wordt verbrand vervuild met verf, beits, fineer, etc., waarvan het onduidelijk is in welke concentraties hiervan restanten overblijven in de afgevangen CO₂. Daarnaast kunnen bij het afvangen van de CO₂ afbraakproducten ontstaan uit de toegepaste amine bij het afvangproces.

Dit maakt dat de kwaliteit van de afgevangen CO₂ moeilijk te voorspellen is zonder hiermee praktijktesten uit te voeren. In het momenteel lopende AMBIENCE-pilotproject wordt hier een eerste stap in gezet, gefocust op de afvangst en de mogelijke vervuilingen die gepaard gaan met de afbraakproducten uit het aminewasproces. In het onderhavige project wordt gefocust op de vervuilingen afkomstig van het vervuilde invoermateriaal (B-hout) die nog achterblijven in de afgevangen CO₂.

3.3 CO₂-vraag - Glastuinbouw

Het onderhavig project is een deel-invulling van de 'Green Deal CO₂ voorziening Glastuinbouw Noord-Holland'. Deze Green Deal is o.a. ondertekend door HVC, Provincie Noord-Holland en de ministeries van EZ en I&M. In de regio Noord-Holland Noord bestaat momenteel een grote vraag naar CO₂ vanuit de aldaar ruim vertegenwoordigde glastuinbouw. Tuinders hebben een grote CO₂-behoefte voor het kweken van hun gewassen. Veelal wordt aan deze vraag voldaan door de inzet van warmtekrachtkoppeling (WKK). Door verbranding van aardgas in een WKK-installatie wordt zowel warmte als elektriciteit als CO₂ geleverd aan de kas. Hoewel dit voornamelijk in de winter een efficiënte aanpak is, is de CO₂-uitstoot nog steeds zeer significant. Want hoewel de CO₂ uit de fossiele brandstoffen wordt opgenomen in de gewassen, komt deze na vertering/verrotting alsnog in de atmosfeer terecht. De CO₂-uitstoot als gevolg van de verbranding van fossiele brandstof wordt dus grotendeels slechts vertraagd, niet vermeden. Daarnaast bestaat in de glastuinbouw ook in de zomer een grote CO₂-vraag. In veel gevallen laten de tuinders hun WKK (of erger: hun gasketel) draaien, puur voor de CO₂. Dit is een enorme verspilling van fossiele brandstoffen.

Alternatief voor CO₂ uit de WKK is extern geleverde CO₂. Het aantal leveranciers hiervan is echter beperkt en vaak ook onzeker gebleken. Zo heeft bijvoorbeeld de voor Zuid-Holland relevante OCAP-leiding te maken gehad met meerdere gevallen van tijdelijk uitgevallen CO₂-bronnen.

Leveringszekerheid van CO₂ is dus een reëel probleem voor tuinders⁵. Het vergroten van flexibiliteit van de levering van CO₂ is dan ook een belangrijk onderwerp in deze keten. Alleen dan zal de tuinder op termijn afstand doen van de WKK.

3.4 Bijeenbrengen van vraag en aanbod

Een veelbelovende oplossingsrichting om de bovenstaande situatie aan te kaarten, is via levering van CO₂, afgevangen uit de BEC, aan de tuinders. Hierbij wordt een scenario van vervloeiing van CO₂ en transport per tankwagen voorzien. Dit heeft een aantal aanzienlijke voordelen

- Ten eerste kunnen grote investeringen in infrastructuur (pijpleidingen) worden vermeden.
- Ten tweede wordt door de ontkoppeling van productie en levering (zoals bij een "klassieke" pijpleiding) een hoge mate van flexibiliteit (zowel qua locatie als in de tijd) gerealiseerd, waardoor ook mogelijke toekomstige andere toepassingen van CO₂-hergebruik kunnen worden bestreken.
- Ten derde wordt door de ontkoppeling van CO₂- en energiegebruik de weg bereid voor de transitie naar duurzame warmte (bijvoorbeeld geothermie) en elektriciteit.

⁵ Zie bijvoorbeeld <https://www.bnr.nl/nieuws/economie/10327187/tuinbouw-in-de-knel-door-raffinaderij-brand-pernis>

3.5 Probleemstelling

De grote uitdaging bij het inrichten van een CCUS-keten waarin CO₂-vraag en -aanbod bij elkaar worden gebracht, is het op technisch en economisch haalbare wijze integreren van de diverse onderdelen van de keten: afvangst, vervloeiing, transport en levering. Deze keten heeft momenteel nog een onrendabele top. Bij het ontwikkelen van de business case is het daarom essentieel om een integrale benadering te hanteren.

Schaalgrootte is hierbij cruciaal, gezien de grote investeringen die vereist zijn om de nationale CO₂-doelen te realiseren. Om te komen tot deze grootschalige realisatie is het vanwege de integrale benadering zeer belangrijk dat alle **processtappen op pilotschaal bewezen** worden, teneinde de business case te kunnen ontwikkelen en het investeringsrisico te verlagen. Afvangst en vervloeiing van CO₂ uit rookgassen van de BEC zijn daarbij speerpunt in onderzoek en ontwikkeling, vanwege de onzekerheid over de kwaliteit van de af te vangen en via vervloeiing te leveren CO₂.

In dit project wordt ingezoomd op het vervloeiingsdeel in de hierboven geschetste keten, in relatie tot de beoogde levering en toepassing in de glastuinbouw. Hierin komen de volgende aspecten samen:

- Onderzoeken van de kwaliteit van zowel de ingaande stroom (afgevangen CO₂) als de uitgaande stroom (vervloeide en weer verdampte CO₂) in de context van levering aan de glastuinbouw.
- Onderzoeken van operationele condities en parameters van vervloeiing, de invloed hierop van vervuilingen en de technische problemen die deze zouden kunnen veroorzaken.
- Onderzoeken welke gevolgen deze technische aspecten hebben voor de economische haalbaarheid van de beoogde keten.

4 Doelstelling en context

In deze sectie wordt de doelstelling van het AMBITION-project geschetst. Daarna wordt ook het belang van het AMBITION-project geïllustreerd in het licht van het beoogde grootschalige vervolgproject.

4.1 Doelstelling en resultaat van dit project

De hoofddoelstelling van dit project is het vergaren van (praktijk)kennis over en -ervaring met het inrichten en valideren van de vervloeiing van CO₂. Dit als onderdeel van een technisch en economisch haalbare keten van de afvang en het hergebruik van de CO₂ uit een BEC.

Deze hoofddoelstelling wordt nagestreefd middels een aantal concrete subdoelstellingen:

1. Valideren van vervloeiingstechnologie toegepast op CO₂ afgevangen uit vervuilde rookgassen uit de BEC, waarbij met name de mate waarin verontreinigingen nog aanwezig zijn na vervloeiing en na verdamping van belang is.
2. Vaststellen haalbaarheid toepassing CO₂-afvang en levering vloeibare CO₂ aan glastuinbouw. Het gaat hierbij dan om stabiliteit van de bedrijfsvoering en het daadwerkelijke energie verbruik. Afhankelijk van de bereikte CO₂ kwaliteit kan de marktwaarde worden vastgesteld.
3. Ketenintegratie en optimalisatie business case(s) – verlagen onrendabele top van vervloeiingsinstallatie en transport per tankwagen
4. Zodanige inrichting en uitvoering van het project, dat bij positieve resultaten uit dit project een grootschalig demonstratieproject op het gebied van afvang, vervloeiing, transport en levering van bio-CO₂ aan de glastuinbouw snel kostenefficiënt kan worden ingezet.

Het beoogde resultaat van dit project is een gevalideerde pilotinstallatie voor de vervloeiing van CO₂ bij de BEC in Alkmaar bedoeld voor transport naar de glastuinbouw in de regio. Hiertoe wordt in het project de validatie van de CO₂-kwaliteit voor toepassing in de glastuinbouw vastgesteld.

4.2 Belang van dit project en relatie tot voorafgaande en vervolgtrajecten

Dit project is een noodzakelijke stap in het traject naar het inrichten van een grootschalige CCUS-keten, waarbij CO₂ wordt afgevangen, vervloeid, getransporteerd en toegepast in de glastuinbouw (en mogelijk op termijn andere toepassingen). Met opschaling zijn dermate grote investeringen gemoeid, dat onderzoek en ontwikkeling op pilotschaal cruciaal zijn voor het in kaart brengen van mogelijke technologische en economische obstakels. Zonder het uitvoeren van de activiteiten in dit project, waarbij de laatste stap gezet wordt naar daadwerkelijke toepassing in de glastuinbouw van bio-CO₂, is het niet mogelijk om het risico voor grootschalige investeringen dusdanig te verlagen dat deze plaats kunnen vinden.

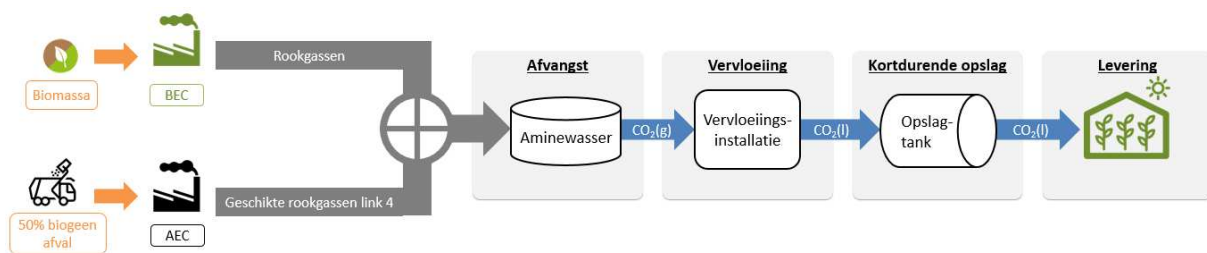
4.3 Relatie met grootschalige demonstratie

Om aan de CO₂-vraag in de glastuinbouw te kunnen voldoen via externe CO₂-levering, is het nodig om op grote schaal CO₂ af te vangen. Naast de CO₂ uit de BEC, is hiervoor ook de CO₂ uit lijn 4 van de AEC⁶ van HVC beschikbaar. Gezamenlijk stoten deze installaties 400 kton per jaar uit.

Om deze reden beogen HVC en diverse samenwerkingspartners om in het grootschalige demonstratieproject CO₂ af te vangen bij zowel de BEC als de AEC. Dit heeft een tweetal significante voordelen:

- De nabijheid van de BEC en AEC maakt het mogelijk om met relatief lage kosten de infrastructuur voor afvangst en vervloeiing voor beide te combineren.
- Leveringszekerheid van CO₂ is essentieel voor tuinders. De ongelijktijdigheid van stops en onderhoud van de BEC en AEC zorgt ervoor dat bij afschakeling van de één, de ander kan blijven produceren.

Schematisch ziet het grootschalige demonstratieproject er dan als volgt uit:

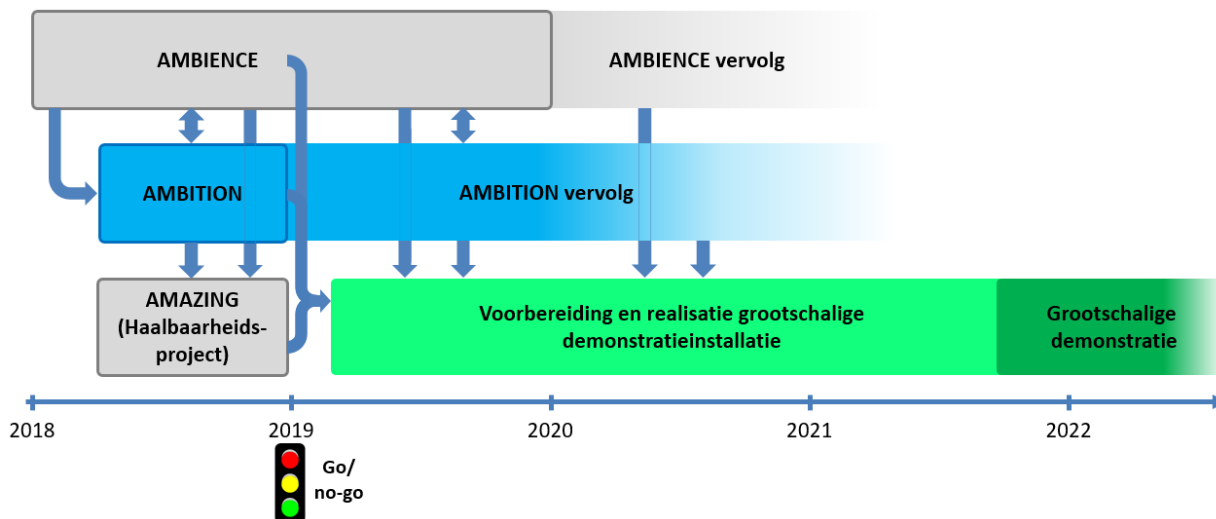


Figuur 1, schematisch stappen in CO₂ opwerking

Omdat met de CO₂-afvangst en -vervloeiing bij de BEC de grootste onzekerheden gepaard gaan (vergeleken met afvangst en vervloeiing bij de AEC, wat ook elders al is gedemonstreerd), is het voor het onderzoeken van deze gecombineerde aanpak eveneens essentieel dat dit op pilotschaal bij de BEC getest wordt. De BEC stoot namelijk –zoals elke wervelbedinstallatie– relatief veel N₂O (lachgas) uit en onderscheidt zich daarmee van de rookgassen van roosterovens zoals AEC's (zie hoofdstuk 6). Parallel aan de AMBIENCE- en AMBITION-projecten wordt daarnaast een haalbaarheidsproject uitgevoerd, waarin technische, economische, maatschappelijke en juridische aspecten van het beoogde grootschalige demonstratieproject worden onderzocht. Dit project (met acroniem AMAZING, gelijktijdig met de aanvraag voor het onderhavige project ingediend binnen de regeling Topsector Energiestudies) maakt gebruik van (deel)resultaten uit AMBIENCE en AMBITION. De gezamenlijke resultaten uit deze drie projecten zullen resulteren in een go-/no-go-moment voor het starten met de grootschalige demonstratie.

⁶ Rookgassen uit lijnen 1 t/m 3 zijn minder geschikt voor afvang en vervloeiing, omdat deze een aanzienlijk hogere temperatuur hebben. Koeling hiervan zou te duur zijn.

De samenhang tussen de diverse projecten is gegeven in **figuur 2**.



Figuur 2 - Relatie van het AMBITION-project tot andere (deel)projecten. De blauwe pijlen vertegenwoordigen de uitwisseling van kennis en ervaring.

Over het AMAZING project heeft HVC in september 2019 een eindrapport opgesteld en ingediend bij RVO.

De einddatum van het Ambience project is 30 november 2019 en in de drie maanden daarna zal het eindrapport van dit deelproject worden opgesteld en ingediend bij RVO.

5 Opzet van het project

5.1 Projectaanpak en werkplan

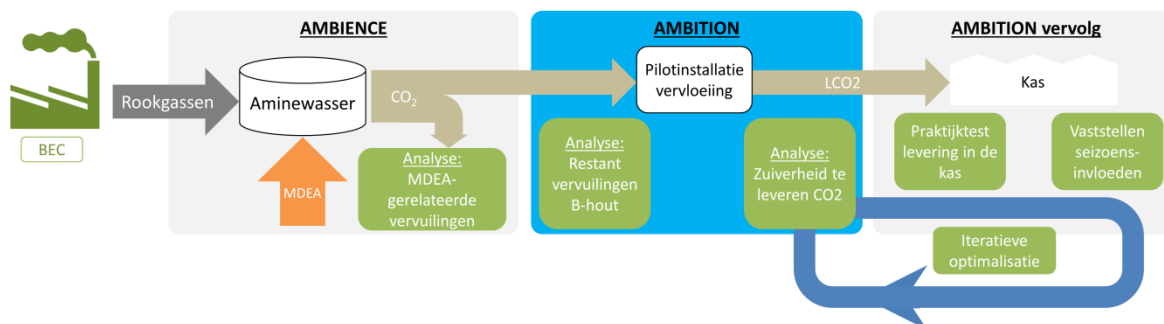
Zoals in hoofdstuk 2 beschreven, is het doel van het uitvoeren van dit project het opdoen van kennis en ervaring op pilotschaal, teneinde grootschalige demonstratie op zo kort mogelijke termijn mogelijk te maken. Een belangrijk onderdeel van dit traject is stapsgewijs de risico's voor investeringen in deze demonstratie te verlagen. Het pilot- en haalbaarheidstraject wordt opgedeeld in fases die elk resulteren in concrete, bruikbare informatie omtrent de technische en economische aspecten van de grootschalige demo.

Om deze reden wordt ook het vervloeingsdeel opgedeeld in twee fasen:

1. Het realiseren en in bedrijf nemen van de pilotinstallatie en het uitvoeren van de eerste pilotactiviteiten (zie WP4) om de werking en prestaties van de installatie in kaart te brengen. Afronding van deze fase biedt waardevolle informatie over de technische haalbaarheid en een go-/no-go-moment voor verder onderzoek en ontwikkeling.
2. Bij positieve resultaten uit fase 1: het op langere termijn doorzetten van pilotactiviteiten om aspecten als seizoensinvloeden in kaart te brengen en het proces iteratief te optimaliseren.

Ook zal de installatie, in combinatie met de afvanginstallatie uit het AMBIENCE-project, desgewenst in een vervolgfase beschikbaar worden gesteld voor andere partijen om alternatieve procedés (bijvoorbeeld met een ander oplosmiddel voor afvangst) mee te testen en ontwikkelen.

Fase 1 betreft het AMBITION-project. Fase 2 zal direct volgend op het AMBITION-project worden uitgevoerd. Een en ander is (vereenvoudigd) weergegeven in



Figuur 3 - Het AMBITION-project in relatie tot AMBIENCE-project en vervoltraject

5.2 Beschrijving werkpakketten

Hieronder wordt een beknopte beschrijving van de activiteiten binnen dit project gegeven.

WP1	Projectmanagement
Beschrijving:	Het doel van dit werkpakket is het managen van het project op een effectieve en transparante wijze, zodat de projectresultaten tijdig en binnen het gestelde budget worden behaald. Daarnaast het bewaken van de voortgang van, en samenhang tussen, de verschillende werkpakketten en het bevorderen van effectieve communicatie binnen het project, alsmede het controleren en (indien nodig) mitigeren van de projectrisico's. Het overall projectmanagement wordt door HVC uitgevoerd.
Activiteiten:	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Financieel en administratief projectmanagement, inclusief rapportage en monitoring. Hiervoor worden ook de financiële voortgangsrapportages met resultaatcontrole opgesteld. (HVC) 1.2. Organisatie van projectmeetings. Het organiseren van projectteambijeenkomsten: kick-off bijeenkomst, voortgangsbijeenkomsten en een afsluitende bijeenkomst. Coördinatie en timing van alle projectactiviteiten. (HVC) 1.3. Faciliteren van effectieve communicatie binnen het project
Resultaten & deliverables	<ul style="list-style-type: none"> • Financiële en inhoudelijke projectadministratie, inclusief tussen- en eindrapportages
WP2	Vorbereiding en basic engineering
Beschrijving:	Het doel van dit werkpakket is het ontwerpen van de CO ₂ -vervloeingsinstallatie en de bouw van deze installatie voor te bereiden. Dit werkpakket moet ervoor zorgen dat direct na het definitief worden van de vergunning voor de vervloeiing van CO ₂ de bouw van de vervloeingsinstallatie van start kan gaan. Deze voorbereiding en basic engineering worden uitgevoerd door HVC. ECN zal in de voorbereiding de verontreiniging in de CO ₂ direct na de CO ₂ -afvang meten. Er zal met name gericht worden op de concentraties NO, NO ₂ , N ₂ O, C ₂ H ₄ , SO ₂ , HF, HCl en CO. Met behulp van deze metingen kan een concrete meetcampagne voor het meten van de verontreinigingen in de CO ₂ na vervloeiing worden opgesteld. Deze metingen zullen in WP4 worden uitgevoerd.
Activiteiten:	<ol style="list-style-type: none"> 2.1. Basic engineering van de CO₂-vervloeingsinstallatie (HVC) 2.2. Voorbereidende werkzaamheden in de BEC (HVC) 2.3. Meetcampagne voor het meten van de verontreinigingen in de CO₂ direct na de CO₂-afvang (ECN) 2.4. Opstellen van een meetcampagne voor het meten van de verontreinigingen in de CO₂ na vervloeiing en herverdamping van de vloeibare CO₂ (ECN)
Resultaten & deliverables:	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwerp CO₂-vervloeingsinstallatie • De bouw van de CO₂-vervloeingsinstallatie zo ver als mogelijk voorbereid • Rapportage over de verontreinigingen in de CO₂ direct na de CO₂-afvang • Meetprogramma t.b.v. WP4
WP3	Bouw en inbedrijfstelling CO₂-vervloeingsinstallatie
Beschrijving:	In dit werkpakket wordt de CO ₂ -vervloeingsinstallatie gebouwd en in bedrijf gesteld. De detailengineering zal plaatsvinden in dit werkpakket. Na dit werkpakket is de installatie gereed voor de pilot.
Activiteiten:	<ol style="list-style-type: none"> 3.1. Detailengineering van de CO₂-vervloeingsinstallatie (HVC) 3.2. Bouw en installatie CO₂-vervloeingsinstallatie (HVC) 3.3. Inbedrijfstelling CO₂-vervloeingsinstallatie (HVC)

Resultaten & deliverables: • Functionele installatie voor de vervloeiing van CO₂

WP4 Pilot CO₂-vervloeiing

Beschrijving: In dit werkpakket wordt de afgevangen CO₂ vervloeid. Doel van dit werkpakket is de verontreiniging in de CO₂ te meten nadat deze opnieuw vergast is.. Met behulp van deze metingen zal de geschiktheid van de LCO₂ voor de glastuinbouw worden onderzocht. Tevens zal de kwaliteit van de CO₂ na langdurig gebruik van de vervloeiingsinstallatie worden bemeaten. Daarbij zal ook de werking van de vervloeiingsinstallatie over langere tijd onderzocht worden.

Activiteiten: 4.1. Meetcampagne samenstelling en kwaliteit van opnieuw vergaste CO₂ (ECN)
4.2. Analyse geschiktheid LCO₂ voor de glastuinbouw (ECN)
4.3. Testen van CO₂-vervloeiingsinstallatie. (HVC)

Resultaten & deliverables: • Rapportage over de samenstelling en kwaliteit van de vloeibare CO₂
• Rapportage geschiktheid vloeibare CO₂ voor glastuinbouw
• CO₂-vervloeiingsinstallatie die over langere tijd een stabiele output heeft

WP5 Business case ontwikkeling

Beschrijving: In dit werkpakket wordt doorlopend de link met de economische realiteit bewaakt. Gedurende het gehele project wordt hierin toegewerkt naar zo optimaal mogelijke business cases voor CO₂-toepassing in de glastuinbouw. Bijvoorbeeld door nageschakelde vervloeiing van de overtollige CO₂ en levering aan de tuinbouw

Activiteiten: 5.1. Gedurende het gehele traject worden de bevindingen uit de andere werkpakketten ingebracht en verwerkt in de business cases. (HVC)
5.2. In kaart brengen mogelijkheden voor kostenreductie (HVC)
5.3. Uitwerking business case voor LCO₂ levering glastuinbouw (HVC)
5.4. Deskstudie gevolgen gebruik zuivere CO₂ in glastuinbouw (HVC)

Resultaten & deliverables: • Uitgewerkte business cases

WP6 Kennisdeling, maatschappelijke inbedding en acceptatie

Beschrijving: Het doel van dit werkpakket is het verspreiden en communiceren van de tijdens het project opgedane kennis en resultaten naar zowel relevante stakeholders als het brede publiek. Indien de resultaten van dit project er toe leiden dat de LCO₂ die wordt geproduceerd bij de afvang van CO₂ in de BEC voldoet aan de vereisten voor de glastuinbouw, dan kan de publicatie van deze resultaten er toe leiden dat de vervloeiing van CO₂ uit de BEC geaccepteerd wordt.

Activiteiten: 6.1. Publicatie van de resultaten van de bevindingen na afloop van het project (HVC, ECN)
6.2. Presentatie van de resultaten om de maatschappelijke inbedding en acceptatie van LCO₂ van BECs te verhogen

Resultaten & deliverables: • Disseminatieplan
• Persbericht over het project bij de inbedrijfstelling van de CO₂-vervloeiingsinstallatie
• Presentatie van de voortgang en resultaten voor beleidsmakers en stakeholders
• Artikel (geschreven door HVC en ECN) over het gehele programma dat HVC voor ogen staat op het gebied van CO₂ afvangst.
• Er is een pilot installatie in Nederland aanwezig waar andere initiatieven voor grootschalige CO₂ afvangst het door hen beoogde solvent kunnen uittesten gedurende langere tijd.

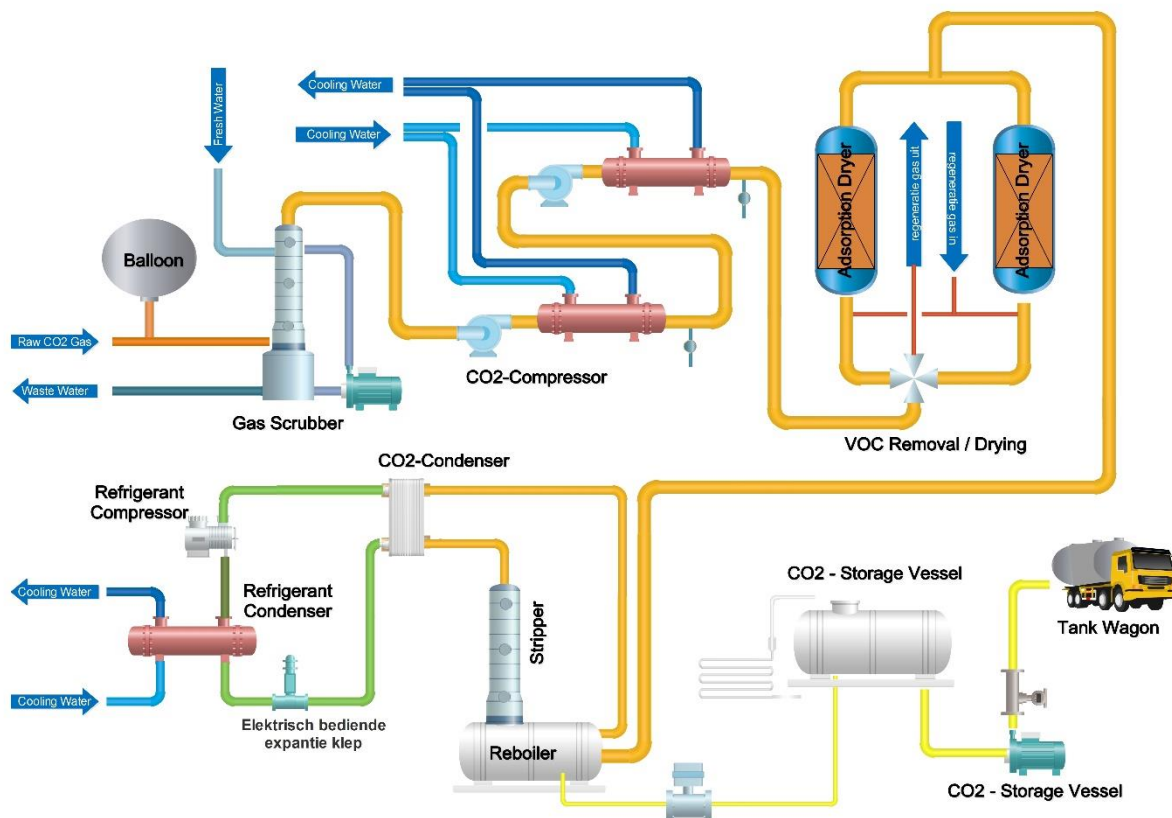
6 Voorbereiding & basic Engineering

6.1 Basic engineering van de CO₂-vervloeingsinstallatie

Voorafgaand aan de beschikking voor TKI-CCUS subsidie, welke definitief is afgegeven door RVO op 9 juli 2018, heeft HVC de eindonderhandelingen gevoerd met de leverancier van de vervloeingsinstallatie, te weten CATO Engineering. Dit heeft geleid tot een schriftelijke opdrachtverlening op 20 juni 2018.

CATO Engineering heeft voorafgaand aan deze opdrachtverlening door HVC als onderhandeld met TPI de leverancier van de hoofdequipment van de vervloeingsinstallatie. TPI heeft de basic engineering uitgevoerd van deze hoofdinstallatie en deze uiteindelijk ook geleverd. Een offerte daartoe is door TPI aan CATO Engineering op 7 juni 2018 toegezonden.

CATO heeft de engineering uitgevoerd van de overige elementen totale installatie, inclusief de randapparatuur (koeling) en koppeling met het Procesbesturingssysteem van HVC. Ook heeft CATO Engineering een buffertank van 50 ton vloeibaar CO₂ besteld alsmede een verlaadstation wat het mogelijk maakt om vloeibaar CO₂ te verladen voor transport naar tuinders. De buffertank kon echter pas besteld worden na 20 juli 2018, nadat de vergunning hiertoe definitief was geworden (zie ook 6.2 hierna).



Figuur 4, Schema complete vervloeing installatie en rand apparatuur

6.2 Voorbereidende werkzaamheden in de BEC

HVC heeft de fundering van de skid voor de vervloeiing, en de heipalen voor de opslagtank, in januari 2019 in opdracht gegeven. Dit laatste moest wachten op het verwerven van een WABO vergunning voor het realiseren en bedienen van een opslagtank voor vloeibaar CO₂. De omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (NZKG) was namelijk van mening dat de CO₂ afvang installatie (RVO project Ambience) en de vervloeiing installatie (onderhavig project Ambition) weliswaar met een milieu neutrale aanvraag – via een verkorte procedure – geregeld kon worden, maar dat de opslag van vloeibare CO₂ in een tank van 50 ton toch echt een nieuwe activiteit voor HVC inhield.

Vervolgens is voor deze nieuwe activiteit met in acht name van het Besluit MER een aanmeldnotitie opgesteld op grond waarvan het bevoegd gezag vervolgens heeft geconcludeerd dat de nieuwe activiteit niet zodanig belangrijke gevolgen voor het milieu had, dat er een milieueffectrapport diende te worden opgesteld. Daarna is het besluit met betrekking tot de aanvraag van de nieuwe activiteit voorbereid met de uitgebreide voorbereidingsprocedure zoals beschreven in paragraaf 3.3. van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). Het gevolgde vergunningentraject heeft erin geresulteerd dat voor deze nieuwe activiteit de definitieve beschikking uiteindelijk pas op 20 juli 2018 is afgegeven.

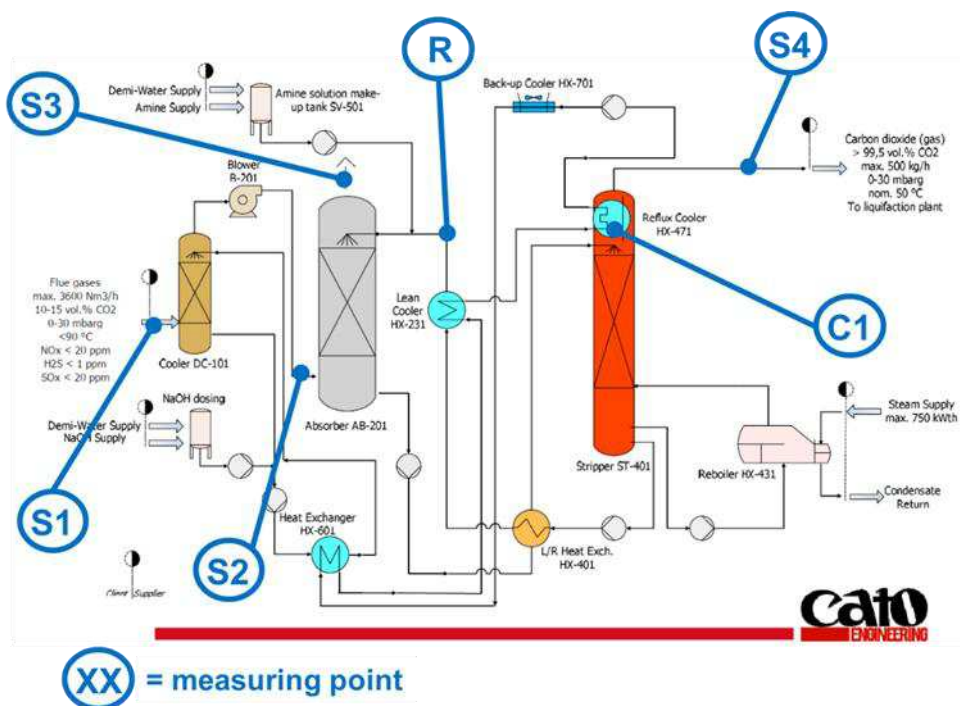


Figuur 5, heien van de fundering voor de opslagtank, februari 2019

6.3 Opzet van de meetcampagnes

De pilot installaties voor het afvangen en vervloeien worden gevoed met het rookgas van de biomassa energie centrale, welke voornamelijk B-kwaliteit afvalhout (geverfd en gefineerd hout) als brandstof gebruikt. Normaliter wordt in deze biomassa energie centrale ca. 5 gew.% gedroogd granulaat van zuiveringsslib meegestookt. Dit zuiveringsslib bevat ca. 1 massa% aan zwavel. Het is daarom van belang om te meten op momenten dat er gedroogd slib wordt bijgestookt, omdat de vorming van eventuele zwavelverbindingen het grootst is op momenten van bijstook van gedroogd slib.

ECN, thans ECN.TNO heeft de metingen uitgevoerd om de kwaliteit van het gasvormig CO₂ te bepalen vóór en na de vervloeiing. Dit betreft de metingen die voor onderhavig Ambition project zijn uitgevoerd. In **Bijlage 1** is het rapport bijgevoegd dat ECN.TNO daarover heeft opgesteld. De bevindingen worden in dit hoofdverslag kort samengevat.



Figuur 6, positie monsternamenpunten Ambience & Ambition project

De analyses die zijn uitgevoerd en de monsters die zijn genomen op de verschillende monsternamenpunten worden weergegeven in onderstaande tabel. Voor SO_x bepaling is op meetpunt S3 enkel gemeten tijdens de meetcampagne op 28 augustus een monster genomen en geanalyseerd. Tijdens beide meetcampagnes is 5-6 gew.% granulaat gevoed aan de biomassa energie centrale (BEC).

Nr	Component	Monsternamenpunt			
		S1	S2	S3	S4
1	SO _x	X	X	X ⁷	X
2	NO+NO ₂ , CO, CO ₂ en O ₂	X	X	X	X
3	HCl en HF				X
4	N ₂ O en SO ₂	X	X	X	X
5	NH ₃	X	X	X	X
6	Koolwaterstoffen, C ₁ -C ₆				X

Tabel 1, monsternamenpunten Ambition

⁷ SO_x is op meetpunt S3 enkel tijdens de campagne in augustus 2019 gemeten.

7 Bouw en Inbedrijfstelling

7.1 Bouw

Medio april 2019 is de afgebouwde skid voor de hoofdinstallatie voor de vervloeijing afgenomen in Italië. Waar deze door leverancier TPI prefab is gebouwd.



Figuur 7, Inspectie van de vervloeijingsinstallatie voorafgaand aan transport

Uiteindelijk is eind april de skid geleverd aan HVC en de volgende foto impressie geeft een indruk van de site en de installaties die gerealiseerd zijn, mede met behulp van de TKI-CCUS subsidie.



Figuur 8, behuizing van de skid, met links de koelerbank en rechts (rood) aansluiting op CO₂ leiding

Omdat al eind 2018 duidelijk was dat de oorspronkelijke planning van ambitie niet haalbaar was, vanwege de doorlooptijden van subsidie beschikking, vergunningverlening en bestellingen en levertijden heeft HVC verlenging van de projectduur tot 30 augustus aangevraagd en verkregen. Dit op basis van een nieuwe planning die ervan uitging dat de vervloeiing voor de zomer van 2019 in bedrijf genomen kon worden.



Figuur 9, rechts koelerbank voor de behuizing van de vervloeiing en de opslagtank ernaast (links)

Uiteindelijk waren alle installaties begin juli 2019 gereed en klaar voor de inbedrijfstelling. Om de vervloeiing op te kunnen starten is het nodig dat de voorraadtank voor vloeibaar CO₂ een externe beginvulling krijgt. Op 18 september 2019 is deze tank gevuld met ca. 18 ton LCO₂.



Figuur 10, Opslagtank LCO₂ met verladingsstation en aanrij beveiliging (vangrail)



Figuur 11, skid van de vervloeiing gemonteerd en al in de behuizing

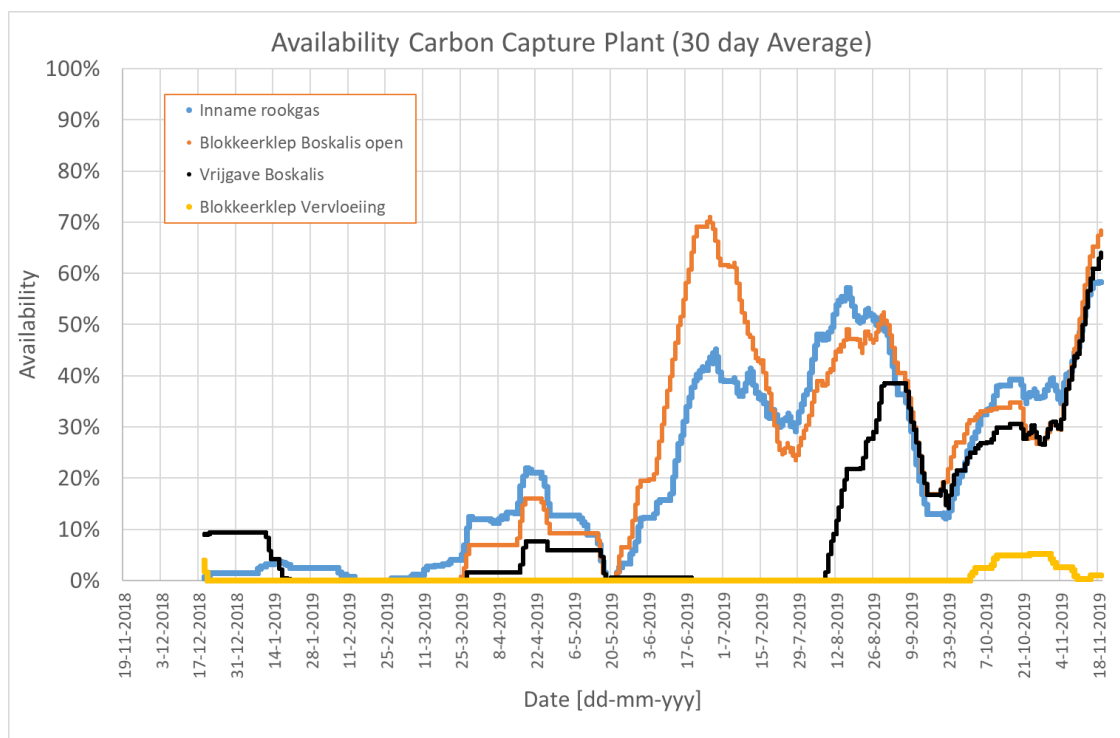
7.2 Inbedrijfstelling

De feitelijke inbedrijfstelling van de vervloeiing heeft uiteindelijk pas eind september plaatsgevonden door TPI, de onderaannemer van CATO Engineering. Deze forse vertraging had twee oorzaken:

- De afvang installatie (project Ambience), die het pure gasvormige CO₂ gas moet genereren voor de vervloeiing, kampte met hardnekkige kinderziektes. Dit waren geen fundamentele zaken maar meer een aaneenschakeling van tamelijke triviale zaken zoals haperende kleppen, programmeringsfoutjes, etc.

In onderstaande **figuur 12** is de beschikbaarheid van gasvormig CO₂ uit de afvang installatie geschetst. Hierin is te zien dat eigenlijk pas vanaf eind augustus [2019](#) er sprake is van enige structurele productie van gasvormig CO₂.

- Het in Italië gevestigde bedrijf TPI had geen personeel beschikbaar voor de inbedrijfstelling van eind mei tot begin september. Reden was enerzijds de vakantieperiode en anderzijds het feit dat de vervloeiingsinstallatie bij AVR in Duiven ook door hen is geleverd en de inbedrijfstelling daarvan ook in deze zomer viel. Blijkbaar heeft TPI voorrang gegeven aan dit veel grotere project in Duiven.



Figuur 12, beschikbaarheid afvang installatie (Ambience)

- Uiteindelijk is de opstart Engineer van TPI op 12 september 2019 begonnen met de inbedrijfstelling van de vervloeiing en heeft de vervloeiing enige tijd gedraaid begin oktober nadat medio september de voorraad tank gevuld was met de beginlading aan vloeibaar CO₂.
- Vervolgens heeft vanaf medio oktober 2019 gespeeld dat de levering van gasvormig CO₂ aan de bodemas was installatie (gerund door Boskalis op HVC terrein) veel meer CO₂ afneemt dan verwacht en gepland. Dit is het gevolg van operationele problemen in de diffuser die het CO₂ in contact brengt met het waswater om het te ontharden. Het bleek dat daardoor minder CO₂ gas overbleef voor de vervloeiing dan de noodzakelijke minimum last die vereist is om de vervloeiing goed te kunnen opstarten.

Thans wordt voorzien dat het totale proefbedrijf van de gehele installatie (afvang en vervloeiing) plaatsvindt in de eerste twee weken van december 2019.

8 Pilot CO₂ vervloeiing

8.1 Meetcampagne samenstelling en kwaliteit

In het kader van het Ambition project zijn twee meetcampagnes door TNO.ECN bij HVC in Alkmaar uitgevoerd, op 16 april 2019 resp. 28 augustus 2019. Aangezien de CO₂ vervloeiing tijdens het Ambition project nog niet operationeel was, is besloten de metingen aan de voeding van de vervloeiing te herhalen. De resultaten hiervan zijn samengevat in onderstaande Tabel 2.

	April 2019				Augustus 2019			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
On-line gasanalyses								
NO(mg/Nm ³ dry gas)	45	45	57	<3	97	72	90	<3
NO ₂ (mg/Nm ³ dry gas)	4	4	4	<3	2,7	1,9	1,8	<3
CO (mg/Nm ³ dry gas)	8	8	17	N.D.	29	26	31	N.D.
CO ₂ (vol.% dry gas)	13,6	13,8	2,8	>88	13,5	12,8	7	>88
O ₂ (vol.% dry gas)	6,5	6,2	8	0,2	6,4	5,8	7,2	<0,01
Off-line analyse vloeistofmonsters								
NH ₃ (mg/Nm ³)	7,3	0,99	3,1	<0,5	1,5	0,24	5,4	0,45
F- (mg/Nm ³)				<0,1				<0,2
Cl- (mg/Nm ³)				41				0,2
SO _x (mg/Nm ³)	26,8	14,6		2,45	3,82	<0,2	0,44	<0,2
Off-line gasanalyse								
H ₂ O (vol.%)			6,4	7			8,4	5,8
N ₂ O (mg/Nm ³ dry gas)	12	29	51	2	84	58	75	7
SO ₂ (mg/Nm ³ dry gas)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
H ₂ (vol.%)				<0,05				<0,001
Ar+O ₂ (vol.%)				0,25				0,24
N ₂ (vol.%)				1,3				0,75
CH ₄ (vol.%)				<0,001				<0,001
CO (vol.%)				<0,001				<0,001
CO ₂ (vol.%)				98				95
Koolwaterstoffen (ppmv)				<0,5				<0,5

Tabel 2, samenvatting resultaten meetcampagnes

De ingaande CO₂ concentratie in het rookgas (meetpunt S1) was tijdens beide meetcampagnes nagenoeg gelijk, circa 13,5-13,6 vol.%. Opmerkelijk is dat de CO₂ concentratie na de koeler (meetpunt S2) bij de meetcampagne in augustus 2019 enigszins verlaagd is ten opzichte van de meetcampagne in april 2019, 12,8 versus 13,8 vol.%. De pH van het gebruikte water dat in de koeler wordt gespreid kan hierbij een rol spelen.

De CO₂ concentratie in het rookgas dat de CO₂-absorber (meetpunt S3) verlaat was in april 2,8 vol.% en augustus 7,0 vol.%. Het omgekeerde effect is te zien in de CO₂-concentratie van het gas dat de regenerator verlaat (meetpunt S4): tijdens de meetcampagne in april was de concentratie 98 vol.% terwijl dit in augustus 95 vol.% was. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door zowel verschillen in de gasdebieten door de installatie als door veranderingen die zijn opgetreden in het gebruikte amine adsorptiemiddel.

De concentraties van verontreinigingen die in het ingaande rookgas (meetpunt S1) zijn gemeten laten een wisselend beeld zien. Voor NO, CO en N₂O waren die tijdens de meetcampagne in augustus hoger dan tijdens de meetcampagne in april, voor NO₂, NH₃ en SO_x geldt het omgekeerde.

De concentraties van verontreinigingen in het CO₂ gas dat de regenerator (stripper) verlaat (meetpunt S4) zijn cruciaal voor de kwaliteit van de geleverde CO₂. In de reinigungsstap die in de vervloeiingsstap is opgenomen, zullen concentraties van aanwezige verontreinigingen waarschijnlijk nog verder verlaagd worden. De metingen op punt S4 kunnen derhalve als een 'worst-case' benadering worden beschouwd voor de kwaliteit van de CO₂ die uiteindelijk aan eindgebruikers wordt geleverd.

Voor de in Tabel 1 vermelde koolwaterstoffen is het gas geanalyseerd op 29 afzonderlijke koolwaterstoffen (C1-C6). Voor alle deze individuele koolwaterstoffen was de gemeten concentratie onder de detectiegrens van 0,5 ppmv. Voor de complete lijst van geanalyseerde koolwaterstoffen verwijzen we naar het TNO.ECN rapport.

Voor NO, NO₂, CO, SO₂ en fluoride lag de gemeten concentratie op meetpunt S4 bij beide meetcampagnes onder de detectiegrens van de gebruikt analysemethode. Voor N₂O, NH₃, chloride en SO_x is tenminste tijdens één van beide of beide meetcampagnes een concentratie boven de detectiegrens gemeten. Voor chloride en SO_x lagen de in april gemeten concentraties op meetpunt S4 beduidend hoger dan in augustus.

8.2 Analyse geschiktheid LCO₂ voor de glastuinbouw

Het gasvormige CO₂ dat vrijkomt uit de regeneratorkolom vormt de input van de vervloeiingsinstallatie. De kwaliteit van dit gasvormige CO₂ is vergeleken met de garantiewaarden van de leverancier van de afvang installatie. Tevens is een vergelijking gemaakt met de min of meer reguliere normen voor OCAP voor CO₂ dat aan glastuinders wordt geleverd. Let wel: met deze vergelijking leggen we de worst-case (gasvormig CO₂ voorafgaand aan vervloeiing) naast de normen voor het eindproduct dat in vloeibare vorm geleverd zal worden. Bekend is namelijk dat de vervloeiing ook diverse fysische zuiveringsstappen in zich heeft. Zo is er niet alleen sprake van de verwijdering van permanente gassen (stikstof, zuurstof) uit het CO₂, maar het reboiling principe dat hierbij wordt gebruikt verwijdert ook zwaardere componenten die genoemd worden in de onderstaande Tabel 3.

Uit Tabel 3 blijkt dat aan alle eisen voldaan wordt die OCAP normaliter stelt voor levering aan de glastuinbouw, m.u.v. zuurstof gehalte en watergehalte. Dit is geen probleem omdat de vervloeiing een uitgebreide dubbele droogstap heeft (drogen door koelen en als 'polishing' stap een adsorptiedroger). En zoals gemeld verwijdert het vervloeiingsproces ook (o.a.) het permanente gas zuurstof.

Bron	Gaseous Flows		S4		Cato	OCAP
	Grootheid	Eenheid	16-apr-19 2	27-aug-19 3	garantie	
PGIM	Temp:	[°C]	40	40	< 60	<
PGIM/HVC	Flow	Nm3/hr	468	524	> 228	>
JP	molair volume	[liter]	26,0	26,0		
ECN	SOx	[mg/Nm3]	2,5	<0,2	< 5	< 0,2
ECN	NO	[mg/Nm3 dry]	<3	<3	< 5	< 2,5
ECN	NO2	[mg/Nm3 dry]	<3	<3	< 5	< 2,5
ECN	CO	[mg/Nm3 dry]	N.D.	<3	< 10	< 10
ECN	CO2	[vol%, dry]	>88	>88		
ECN	O2	[vol%, dry]	0,2	0,01	<	< 30
PGIM/HVC/ECN	H2O	[vol%]	6,5	5,8		< 20
ECN	N2O	[mg/Nm3]	1,9	7,0	<	<
ECN	SO2	[mg/Nm3]	<3	<3		
ECN	MDEA	[µg/Nm3]	0,6	0,8	< 5	
ECN	Piperazine	[µg/Nm3]	<1	<0,03	< 5	
ECN	NH3	[mg/Nm3]	<0,5	0,4		< 2,5
ECN	Formaldehyde	[mg/Nm3]	< 0.0001	< 0.0001	< 2,5	
ECN	Acetaldehyde	[mg/Nm3]	1,1	0,7	< 2,5	< 0,2
ECN	F ⁻	[mg/Nm3]	<0,1	<0,2		<
ECN	Cl ⁻	[mg/Nm3]	40,8	0,2		<
ECN	H2	[vol%]	<0,05	<0,001		
ECN	Ar + O2	[vol%]	0,3	0,2		
JP	Ar	[vol%]	0,1	0,2		
ECN	N2	[vol%]	1,3	0,7		100
ECN	CH4	[vol%]	<0,001	<0,001		
ECN	CO	[vol%]	<0,001	<0,001		
ECN	CO2	[vol%]	97,7	94,6	> 99,9	> 99,9
ECN	CH4	[ppmv]	<0,5	<0,5		< 25
ECN	C2H6	[ppmv]	<0,5	<0,5		< 25
ECN	C2H4	[ppmv]	<0,5	<0,5		< 1

Tabel 3, toetsing aan garantie en productwaarden

8.3 Testen van CO₂-vervloeingsinstallatie

Deze testen zijn niet uitgevoerd omdat de vervloeingsinstallatie niet in bedrijf was voor de einddatum van dit project en ECN.TNO derhalve niet in staat was om monsters te nemen.

Wel is een monstername apparaat geïnstalleerd om monsters van vloeibare CO₂ te kunnen nemen uit de voorraad tank en uit de toevoerleiding en om dit monster dan vervolgens weer te kunnen verdampen zodat uiteindelijk een gasvormig gereed product naar een laboratorium kan worden getransporteerd voor analyse.

Inmiddels is het proefbedrijf van de complete CCU installatie (afvang en vervloeiing) gepland voor de eerste twee weken van december. Proefbedrijf is een term uit het contract tussen HVC en de leverancier (CATO Engineering) waarbij gedurende 300 uur aaneengesloten de installatie in bedrijf is. De idee is dat dan tijdens stabiel langdurig bedrijf beoordeeld kan worden of de installatie haar doelstellingen bereikt.

9 Business case

9.1 Actualisatie van de Business Case

Voorafgaand aan de beslissing om een pilot plant te realiseren voor CO₂ afvang en vervloeiing, heeft HVC een business case opgesteld. Deze business case dateert van eind 2017 en had de kentallen zoals vermeld in kolom 2 van Tabel 4:

	Raming eind 2017	Realisatie eind 2019
Netto investering HVC:	1,86 M€	1,96 M€
Bouwtijd	9 maanden	20 maanden
Aanlooptijd capture:	mid 2018 – mid 2019 50% beschikbaarheid	4 ^e kw 2018 – 3 ^e kw. 2019 15% beschikbaarheid
Aanlooptijd vervloeiing:	1 ^e kw 2019 – mid 2019 50% beschikbaarheid	mid 2019 – eind 2019 10% beschikbaarheid
Looptijd business case:	12 jaar	12 jaar
NCW investering:	-0,59 M€	-0.90 M€
IRR:	0,0%	-3,9%

Tabel 4, kentallen business case, oorspronkelijk en actueel

Inmiddels zijn we twee jaar verder, is de installatie gebouwd, de afvang is operationeel en de vervloeiing gaat in proefbedrijf. De vergunning aanvraag, subsidie toekenning, opdrachtverlening, levering en in bedrijfstelling hebben alle langer geduurd dan gepland.

Wat vooral in 2019 tegenviel was het inbedrijf stellen van een deels 2^e hands installatie (afvang deel) in een bestaande installatie (de BEC zelf) wat tal van triviale problemen opleverde die elk hun vertraging genereerden.

Het gevolg hiervan laat zich ook gelden in de business case: het netto contant zo belangrijke eerste productiejaar is grotendeels verloren gegaan.

Positief in de business case is dat de verkoop prijs van het vloeibaar CO₂ in de meest recente versie uitgaat van € 45 per ton. Dit is 50% hoger dan eind 2017 (€ 30 per ton), en is het gevolg van twee opeenvolgende zomers waarin tuinders deels geen CO₂ konden krijgen – of niet in voldoende mate – en de voortschrijdende implementatie van geothermie en restwarmte bij de glastuinbouw in Noord-Holland.

9.2 Toekomstige externe factoren op de Business Case

Op dit moment is de afvang en vervloeiing installatie geënt op de Biomassa Centrale van HVC. Met een relatief geringe investering (ca. 100 k€) is het mogelijk om een rookgaskanaal van lijn 4 van de AfvalEnergieCentrale te trekken en daarvan rookgas te betrekken.

De business case kan dan verbeteren doordat op twee mogelijke manieren een belasting teruggaaf kan worden verkregen (ingeval van rookgas van de Afvalcentrale):

Wbm belasting

Dit betreft een belasting welke geheven wordt op afval dat verbrand wordt en bedraagt inmiddels ruim € 30 per ton. Echter, bestaat een zogeheten in-uit methode waarbij belasting kan worden terugggevraagd

indien producten na verbranding worden gerecycled of nuttig worden toegepast. Momenteel geldt dit al voor resp. metalen en bodemas. Een collega bedrijf heeft dit principe ook aangekaart bij de inspecteur der belastingen en diens reactie was dat het koolstof uit de koolstofdioxide (12/44 deel van het gewicht) mogelijk in aanmerking komt voor de in-uit methode. Dit zou praktisch betekenen dat de inkomsten uit de geleverde CO₂ kunnen oplopen met ca. $12/44 \cdot 32 = \text{€ } 8,73$ per ton.

CO₂ belasting

Medio 2019 is door het Kabinet een CO₂ belasting aangekondigd voor Afvalverbranders van € 30 ton fossiele CO₂ in 2021 en lineair oplopend naar € 150 in 2030. Het CO₂ uit een afvalverbrander van huishoudelijk en vergelijkbaar afval bestaat voor grofweg 1/3 deel uit fossiel CO₂.

WEcR heeft onlangs becijferd dat in de twee zomerkwartalen extern geleverde CO₂ bij een tuinder een reductiefactor heeft van 0,95. Dit komt doordat de tuinder dan de zogeheten zomerstook achterwege kan laten. Zomerstook is het verbranden van aardgas met als primair doel CO₂ maken. In de winter is dit effect vrijwel afwezig doordat dan het primair doel van aardgas stook de warmtevraag van de tuinder is.

Beide factoren samen leiden ertoe dat over het gehele kalenderjaar betrokken de levering van 1 ton CO₂ aan de glastuinbouw een emissiereductie van $1 / 3 \times 0,95 / 2 = 0,16$ ton fossiel CO₂. Dit zou tot een teruggaaf van emissiebelasting leiden van € 4,75 in 2021, oplopend naar € 23,75 in 2030.

Indien we beide belastingteruggaven inrijzen in de business case, inclusief een aanvullende investering van ca. k€ 100 dan wordt de IRR 0,8% en de NVW -0,59 M€.

10 Kennisdeling

10.1 Publicatie van de resultaten

Tot op heden zijn de volgende publicaties en presentaties verzorgd aangaande de combinatie van de AMBIENCE (afvang) en AMBITION (vervloeiing) fases van deze pilot plant.

- **'Bio-CO₂'**, publicatie in het blad P+ People Planet Profit, 30 juni 2018
- **'CO₂ capture at HVC'**, presentatie tijdens Meeting CCU/-S in WtE, 21 september, 2018, Bilbao.
- **'CO₂ capture at HVC'**, presentatie op de CATO Conference 'CATO meets the projects', 4 december 2018, Utrecht.
- **'Carbon Capture at a CFB wood fired Boiler'**, presentatie op het 5th International VDI Conference 'Energy and Materials from Waste', 10 april 2019, Antwerpen.
- **'CO₂ bij HVC'**, presentatie op jaarlijks HVC congres, 26 september 2019
- **'End-of-Pipe of WtE: Bottom Ash & CO₂'**, presentatie op Prewin Conference, 17 oktober 2019, Alkmaar

10.2 Maatschappelijke acceptatie van LCO₂ van BECs verhogen

De volgende acties heeft HVC ondernomen om de maatschappelijke acceptatie voor LCO₂ van BECs te verhogen:

- **'Glastuinders Noord-Holland gaan tomaten voeden met BIO-CO₂ van HVC'**, persbericht HVC, 31 mei 2018.
- **'Bio-CO₂'**, publicatie in het blad P+ People Planet Profit, 30 juni 2018.

Een presentatie van de voortgang en resultaten voor beleidsmakers en stakeholders is gegeven tijdens een halfjaarlijkse bijeenkomst van CATO.

- **'CO₂ capture at HVC'**, presentatie op de CATO Conference 'CATO meets the projects', 4 december 2018, Utrecht.

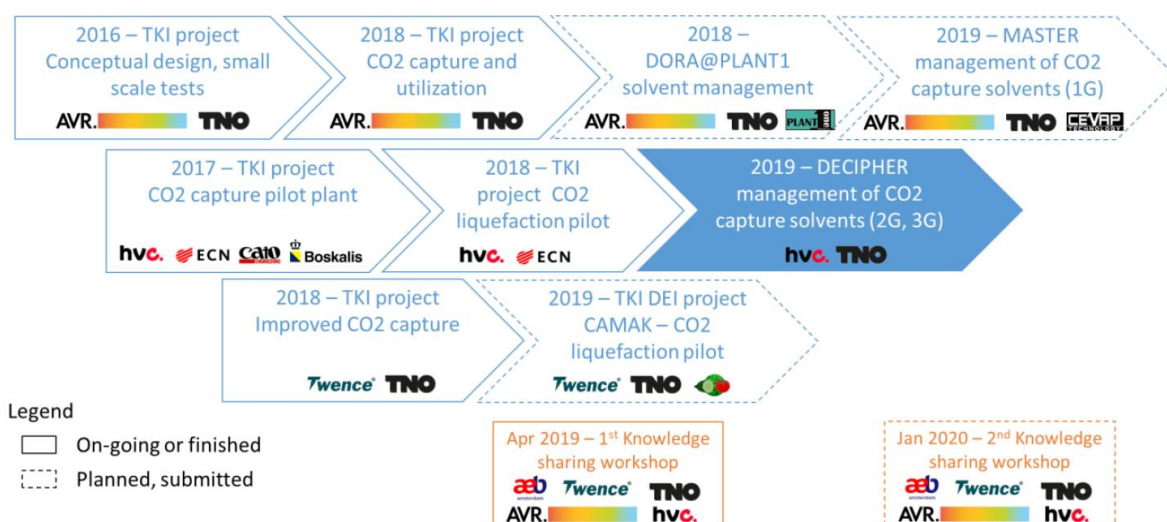
Tenslotte zij opgemerkt dat als gevolg van AMBIENCE, AMBITION en AMAZING (alle drie door gesubsidieerde project door de Nederlandse Rijksoverheid) een Milieu effect rapport en vergunning aanvraag is opgesteld voor een grootschalige (15 ton/uur) demo installatie in Alkmaar. Deze aanvraag zal in december 2019 worden ingediend bij het bevoegd gezag, en de inspraak mogelijkheden dragen bij aan bewustwording bij het grotere publiek van deze ontwikkeling, en hopelijk ook tot acceptatie daarvan.

10.3 Er is een pilot plant in Nederland aanwezig voor testen

De installatie is gerealiseerd en is inmiddels in bedrijf. HVC wil deze installatie in bedrijf houden gedurende de geplande levensduur van de biomassa centrale. Deze economische levensduur is gekoppeld aan de SDE+ subsidie van deze installatie en loopt tot en met 2030.

Inmiddels heeft dit geleid tot een tweetal leads wat betreft testen met een ander solvent:

- DECIPHER project met TNO Delft.
TNO Delft heeft een subsidie aangevraagd (en verkregen volgens de informele berichten) om gedurende drie jaar metingen uit te voeren aan de pilot installatie van HVC. Dit zogeheten DECIPHER programma past in een groter geheel van projecten in Nederland om CCUS verder te ontwikkelen en te implementeren.



In dit programma is o.a. opgenomen dat:

- Er na twee jaar een derde generatie solvent wordt gebruikt in de pilot plant om daarvan vast te stellen wat de baten zijn in termen van verminderd energieverbruik per ton afgevangen CO₂ en de kwaliteit van de resulterende CO₂ arme rookgassen en het resulterende CO₂ gas.
- Er zal een DORA (Dissolved Oxygen Removal Apparatus) installatie worden geïnstalleerd, die tot doel heeft om het gehalte opgelost zuurstof in de amine oplossing te verminderen en zo ook de degradatie van dit amine te verlagen.
- Er zal een door TNO ontwikkeld ChemCube worden ingezet die online de kwaliteit van het amine solvent monitort. In combinatie met emissiemetingen aan CO₂ arm rookgas en het CO₂ productgas zullen relaties worden ontdekt tussen solvent kwaliteit en gaskwaliteit en afvangstrendement.

- Contact met Darel
Darel heeft contact opgenomen met HVC om – ondersteund door Carbon Clean Solutions Limited uit Londen – om de capaciteit van de Carbon Capture installatie te verhogen. Enerzijds door een energie-zuiniger solvent te gaan gebruiken en anderzijds door de adsorptiekolom van de capture unit te verhogen.

In 2020 beziet HVC of dit is in te passen in het DECIPHER programma en of de vereiste investeringen in vergroting van de adsorptiekolom economisch zinvol zijn.

Eindrapport

Alkmaar Biomass Energy carbon capture use (‘Ambience’)

colofon.

- **kenmerk** RVO referentienummer TCCU117006
- **status** definitief
- **versie** 5
- **auteur(s)** Jan-Peter Born, Bas Kessel
- **datum** 29 februari 2020

inhoud.

1	Openbare samenvatting	5
2	Overzicht van deelnemers	7
3	Achtergrond van dit project	9
3.1	Inleiding en probleemstelling	9
3.2	CO ₂ in de regio Alkmaar	9
3.3	CO ₂ -vraag - Glastuinbouw	10
3.4	Bijeenbrengen van vraag en aanbod	10
3.5	Probleemstelling	11
4	Doelstelling en resultaat	12
4.1	Doelstelling en resultaat van dit project	12
4.2	Vervolgstappen	12
4.3	Samenhang met andere projecten	13
5	Opzet van het project	15
5.1	Beschrijving werkpakketten	15
6	Analyse en vooronderzoek	18
6.1	Operationaliseren analyse van bijproducten van MDEA	18
6.2	Definitie monsternameprotocollen en meetprogramma	18
6.3	Pre-engineering afvanginstallatie	19
6.4	Methode van CO ₂ -oplossen in BAWI	20
6.5	Eisen en randvoorwaarden LCO ₂ in glastuinbouw	23
7	Pilot CO₂ afvang	24
7.1	Basic engineering	24
7.2	Bouw en installatie afvanginstallatie	26
7.3	Installatie en validatie monstername apparatuur	30
7.4	Werking monstername apparatuur verifiëren	32
7.5	De pilot CO ₂ afvang	32
7.6	Samenstelling rookgassen en kwaliteit CO ₂	34
7.7	Degradatieproducten in het amine oplosmiddel	35
7.8	Analyse resultaten afvang t.b.v. glastuinbouw	36
8	Pilot CO₂ hergebruik	38
8.1	Analyse samenstelling en kwaliteit CO ₂	38
8.2	Protocol kwaliteitsbeheersing CO ₂	39
8.3	Aanleg koppeling CO ₂ -afvanginstallatie – BAWI	40
8.4	Aanleg en werking CO ₂ -oplosinstallatie	41
8.5	Valideren oplossen van CO ₂ in water	43
8.6	Vervanging Soda, efficiëntie proces	43
9	Business case	44
9.1	Actualisatie van de Business Case	44
9.2	Toekomstige externe factoren op de Business Case	44

10	Kennisdeling	46
10.1	Publicatie van de resultaten	46
10.2	Maatschappelijke acceptatie van LCO ₂ van BECs verhogen	46
10.3	Er is een pilot plant in Nederland aanwezig voor testen	47

1 Openbare samenvatting

HVC heeft in de periode medio 2018 – medio 2019 een pilotplant voor de afvang voor CO₂ laten bouwen. Hiertoe heeft HVC aan CATO Engineering opdracht gegeven om de afvang te realiseren. CATO is gekozen omdat zij een type afvang installatie aanboden die zich eerder bij een tuinder (Vink Sion) heeft bewezen.

Dit deelproject staat bij RVO bekend als 'Ambience' en omvat de bouw en exploitatie van een afvanginstallatie voor (bio) CO₂ bij de BioEnergie Centrale (BEC). Het betreft een 'Carbon Capture and Usage' (CCU) project waarbij de afgevangen CO₂ deels wordt ingezet voor water ontharding in de bodemas wasinstallatie van HVC en Boskalis. Het grootste deel van het afgevangen CO₂ gas zal echter vervloeid worden in de vervloeiingsinstallatie die in het kader van het 'Ambition' project is gerealiseerd met steun van TCCU.

In 2019 is de afvang installatie in bedrijf gekomen en hoewel de installatie is geplaagd door een veelvoud van kleinere storingen en problemen, latere levering e.d., kan gesteld worden dat de technologie functioneert en steeds meer bedrijfsuren per maand bereikt. De kern van het proces levert geen grote storingen op. De amine technologie is daarmee bruikbaar voor de afvang van CO₂ uit rookgas van (vervuild) biomassa. Bij de HVC betreft dit B-hout vermengd met ca. 5% gedroogd zuiveringsslib.

Het opstellen en uitvoeren van het meetprogramma voor het bepalen van verontreinigingen in de gasvormige CO₂ uit de capture plant is uitgevoerd door projectpartner ECN (thans TNO.ECN). Hierbij is in het Ambience project gekeken naar het lot van de verontreinigingen die al in het rookgas aanwezig zijn dat aan de CO₂ afvang wordt gevoed. Ook de verdamping van amines en mogelijke reactieproducten van amine met SO_x en NO_x uit de rookgassen zijn onderzocht. Kortom, de opdracht aan TNO.ECN was: onderzoek welke bijproducten zijn ontstaan en kwantificeer deze zo veel mogelijk.

De bevindingen van TNO.ECN zijn als volgt:

- Door verdamping gaat er wat absorptiemiddel verloren en vindt beperkte emissie van zowel MDEA als piperazine plaats.
- Van de nitrosamines waarvoor kwantitatieve metingen zijn uitgevoerd, zijn in noch in het CO₂ arme rookgas noch in het CO₂ productgas geen concentraties gemeten die boven de detectiegrens (0,5 µg/Nm³) uitkomen.
- In het gebruikte amine absorptiemiddel zijn alleen voor N-Nitrosopiperazine concentraties gemeten die boven de detectiegrens (500 mg/kg) uitkomen. De concentratie ervan neemt tot ~1.350 bedrijfsuren lineair toe met de tijd.
- Na de CO₂-absorber worden hogere concentraties NH₃ gemeten dan voor de CO₂-absorber. De verhoogde concentraties amines na de CO₂-absorber wijzen op het vrijkomen van NH₃ in het CO₂-absorptieproces.
- In zowel het CO₂-arme rookgas als de CO₂-rijke productstroom die de CO₂-afvanginstallatie verlaten is acetaldehyde aanwezig. Naast het vrijkomen van NH₃ in het absorptieproces vinden er blijkbaar ook andere degradatieprocessen in absorptiemiddel plaats waarbij o.a. acetaldehyde wordt gevormd.
- Vanaf de 2^e meetcampagne neemt het aantal afzonderlijke chemische verbindingen dat in het absorptiemiddel en de gasvormige productstromen wordt aangetroffen toe met de bedrijfstijd.
- In de GC-MS screeningsanalyse is er naast het al eerder genoemde 1-nitroso piperazine slechts één andere nitroso verbinding geïdentificeerd: 2,2 nitrosoimino-bis-ethanol.

Wat betreft de kwaliteit van het gasvormige CO₂ productgas kan geconcludeerd worden dat dit voldoet aan de garantiewaarden waarop de installatie leverancier CATO zich vooraf heeft vastgelegd. Ook toetsing van de gemeten componenten aan de normen die OCAP hanteert voor inzet van CO₂ in de glastuinbouw levert geen knelpunten op (zij het dat niet alle componenten waarop OCAP toetst gemeten zijn).

Wat betreft de toepassing van gasvormig CO₂ als alternatief voor soda bij de ontharding van afvalwater is gebleken dat CO₂ weliswaar snel oplost in dit zeer basische water (pH > 12) van de bodemas wassing, maar dat het bereiken van een voldoende lage eindconcentratie aan Ca (< 50 mg/L) meer tijd vergt dan beschikbaar is in de gebouwde oplos installatie. Gevolg was dat de CO₂ niet (alle) soda kon vervangen. Wel traden er onvermoede neveneffecten die andere voordelen opleverden: de dosering van ijzerchloride en salpeterzuur kan sterk verminderd worden omdat CO₂ niet alleen een lagere pH oplevert maar het zich vormende ketelsteen ook bijdraagt in het uitvlokken van de verontreinigingen in de waterzuivering.

De conclusie is hier dan ook dat CO₂ effectief toe te passen is als waterontharder (bij sterk basisch water), en door de ketelsteen vorming ook bijdraagt in het vlokingsproces waarbij verontreinigingen worden afgescheiden uit geneutraliseerd water.

Het afvang project Ambience is geplaagd door vertragingen en een aaneenschakeling van technische problemen. Over de looptijd (2 jaar) van dit TCCU project zijn daardoor aanzienlijk minder draaiuren gerealiseerd dan gepland. Dit heeft als consequentie voor het onderzoek dat het meetprogramma een kortere periode beslaat (door latere in bedrijf stelling) dan voorzien, waardoor het effect van veroudering en degradatie van het amine oplosmiddel minder significant kan worden vastgesteld.

Echter, HVC is voornemens om deze pilot plant vele jaren in bedrijf te houden en te exploiteren. Dus in 2020 en verder zullen zeker de gegevens gegenereerd worden. Daar waar het project dus niet geslaagd is, is er eerder sprake van 'nog niet gelukt', in plaats van 'mislukt'. Dit geldt ook voor de toepassing van CO₂ als (basisch) water ontharder in het bodemas wasproces van HVC.

Samen met TNO, en wederom met subsidie, zal HVC gedurende 3 jaar de performance van de afvang installatie verder volgen en zich focussen op het beheersbaar houden van solvent degradatie en (dus) kwaliteit van de resterende rookgassen en het product CO₂.

2 Overzicht van deelnemers

N.V. HVC

Beschrijving:	HVC is verantwoordelijk voor het duurzaam afvalbeheer van haar aandeelhouders, zijnde 46 gemeenten en 6 waterschappen in de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Flevoland. Daarnaast produceert HVC duurzame energie met de verwerking van (biogene) afvalstromen. Deze energie levert HVC aan gemeenten, waterschappen, bedrijven en particulieren.
Motivatie deelnemer:	Het is voor HVC wenselijk en noodzakelijk om steeds te zoeken naar verwaarding van momenteel nog niet benutte afval- en reststromen. Dit om de afvalverwerking betaalbaar te houden en zo veel mogelijk waarde te onttrekken aan het afval. Daarnaast sluit dit streven ook nauw aan bij de transitie naar een circulaire en duurzame economie, en daarmee bij de missie en strategie van HVC, die is gericht op hergebruik van grondstoffen en de productie van duurzame energie. HVC emitteert momenteel ca. 1,4 Mton CO ₂ op jaarbasis en begrijpt dat dit omlaag moet om ook in de toekomst te kunnen blijven spreken van duurzaam afvalbeheer.
Bijdrage aan het project:	HVC stelt in het project haar faciliteiten beschikbaar voor de uitvoering van dit project. Het investeert in de CO ₂ -afvang installatie, die aangesloten wordt op de uit de biomassa energiecentrale afgevangen CO ₂ op het HVC-terrein in Alkmaar.

Energieonderzoek Centrum Nederland (TNO.ECN)

Beschrijving:	Energieonderzoek Centrum Nederland (TNO.ECN) is het grootste onderzoeksinstituut op energiegebied in Nederland. TNO.ECN ontwikkelt nieuwe technologieën en verricht met zo'n 500 medewerkers op diverse manieren baanbrekend onderzoek naar innovatieve oplossingen om zo de overgang naar een duurzame energiehuishouding mogelijk te maken. TNO.ECN is o.a. actief op de onderzoeksterreinen zonne-energie, windenergie, biomassa, energiebesparing in de industrie, opslag/integratie van duurzame energie en CCS. TNO.ECN is gedurende dit project samengegaan met TNO.
Motivatie deelnemer:	In dit project komen vier voor TNO.ECN belangrijke aspecten samen. Ten eerste is CO ₂ -reductie een van de primaire doelen die ten grondslag liggen aan het onderzoek en de ontwikkeling die TNO.ECN verricht. Ten tweede sluit onderzoek naar CO ₂ -afvang bij energieopwekking uit biomassa direct aan bij het onderzoeksterrein biomassa waarop TNO.ECN zich begeeft. Ten derde is het voor TNO.ECN belangrijk om ook de vertaalslag naar praktische toepassingen te kunnen maken. En ten vierde zet TNO.ECN zijn kennis, ervaring en faciliteiten in om de industrie te ondersteunen bij innovaties op het gebied van de transitie naar een duurzame energievoorziening.
Bijdrage aan het project:	TNO.ECN zal in dit project onderzoek verrichten naar de verontreinigingen in de CO ₂ direct na de CO ₂ -afvang. Daarnaast zal TNO.ECN de verontreinigingen meten in de CO ₂ die weer verdampt wordt nadat deze vervloeid is geweest.

Baggermaatschappij Boskalis B.V.

Beschrijving:	Boskalis Environmental, een volle dochter van Boskalis Baggermij, heeft samen met HVC een bodemaswasinstallatie (BAWI) ontwikkeld en gebouwd, die de bodemassen uit de afvalverbrandingsinstallatie opwerkt tot volwaardige vervanger van zand en grind, voor toepassing in bijvoorbeeld wegenbouw. HVC is launching customer van deze techniek in Alkmaar. Deze BAWI wordt beheerd vanuit een joint venture van Boskalis en HVC: wASh v.o.f.. De installatie staat op het terrein van HVC in Alkmaar naast de BEC.
Motivatie deel-nemer:	Boskalis is IP-houder van de BAWI techniek. Boskalis heeft er als ontwikkelaar van de BAWI belang bij dat deze installatie optimaal functioneert en dat het potentieel ten volle wordt benut. Het toepassen van CO ₂ in de BAWI ter vervanging van het huidige sodagebruik past goed in deze strategie. De resultaten uit dit project kunnen dan ook worden gebruikt bij de uitvoering van replicatieprojecten. Bodemas van afvalverbranding behoeft immers overal in Nederland reiniging, toekomstige BAWI's zullen in de regel dicht bij een AEC staan waar de rookgassen vrijkomen.
Bijdrage aan het project:	Boskalis draagt gedurende het project technisch-inhoudelijk bij aan de ontwikkeling van de installatie voor CO ₂ -toepassing in de BAWI.

Essentiele uitbestedingsrelatie – CATO Engineering

Beschrijving:	CATO Engineering is expert op het gebied van CO ₂ -afvang en heeft jarenlange ervaring met het ontwerpen, bouwen en installeren van afvanginstallaties in diverse industrieën. On dit project is CATO de contractpartner die aan HVC de afvanginstallatie aanlevert.
Bijdrage aan het project:	CATO Engineering levert in dit project de CO ₂ -afvanginstallatie en bijbehorende werkzaamheden op het gebied van engineering, installatie en inbedrijfname.

3 Achtergrond van dit project

Dit project richt zich op CO₂ afvang bij biomassaverbranding en het geschikt maken hiervan voor toepassing in de glastuinbouw. Van belang hierbij is de onzekerheid die bestaat omtrent de verontreinigingen in de afgevangen CO₂, en hoe deze zich verhouden tot toepassing in de glastuinbouw. Ook wil HVC met deze pilot ervaring opdoen met de (seizoen afhankelijke) vraag en prijsstelling van vloeibare CO₂. Deze informatie is essentieel om de business case voor toekomstige grootschalige CCUS-projecten met voldoende zekerheid te kunnen opstellen. Dit project is daarmee een belangrijke en noodzakelijke stap op weg naar grootschalige demonstratie.

3.1 Inleiding en probleemstelling

Verbranding van biomassa levert een belangrijke bijdrage aan het verduurzamen van de Nederlandse energiehuishouding. In Nederland staan vier grote Bio Energie Centrales (BEC's). Deze centrales verbranden B-hout¹ en stoten gezamenlijk ongeveer 1 Mton biogeen CO₂ per jaar uit. Ter vergelijking: de 13 afvalenergiecentrales (AEC's) in Nederland stoten gezamenlijk 8 Mton per jaar uit. Qua huidige uitstoot zijn BEC's in principe CO₂-neutraal, aangezien de bij verbranding vrijkomende CO₂ "recentelijk" aan de atmosfeer onttrokken is. In combinatie met een geschikte afvang- en opslag- of hergebruikstechnologie, biedt dit de aantrekkelijke mogelijkheid om een BEC CO₂-negatief te maken. Hierbij wordt via plantengroei de CO₂ aan de atmosfeer onttrokken. In een eerste levensfase wordt houtige biomassa gebruikt voor producten en verpakkingen. Na einde levensduur wordt het hout – veelal geleverd of gefineerd/verlijmd, verbrand in een BEC met intensieve rookgasreiniging. De CO₂ die vrijkomt bij verbranding wordt afgevangen en opgeslagen/hergebruikt. Bij opslag wordt de CO₂ onttrokken aan de atmosfeer; bij hergebruik wordt de CO₂ nuttig ingezet, waardoor CO₂ productie elders vermeden kan worden. Dit concept staat recentelijk volop in de belangstelling als een concept dat een belangrijke rol kan spelen in het behalen van de klimaatdoelen². In dit project wordt hiermee concrete ervaring opgedaan in de regio Alkmaar.

3.2 CO₂ in de regio Alkmaar

In 2008 opende HVC de biomassa-energiecentrale in Alkmaar. In deze centrale wordt jaarlijks 170.000 ton afvalhout verbrand, samen met ca. 10.000 ton gedroogd zuiveringsslib. Dit levert maximaal 200.000 MWhe groene elektriciteit per jaar op (bij geen warmte vraag), genoeg voor de stroomvoorziening van 60.000 huishoudens. Sinds 1 januari 2018 valt deze installatie onder de SDE+ en levert zij ook alle warmte die het stadswarmtenet van de regio Alkmaar/Heerhugowaard/Langedijk nodig heeft. In de SDE+ beschikking³ is warmtelevering van de BEC als nuttige (subsidiabele) warmte geoordeeld, inclusief de evt. stoomlevering die nodig is voor carbon capture. Dit laatste helpt om de onrendabele top van deze pilot te verlagen. Dat maakt deze locatie zeer geschikt om relatief laagdrempelig op pilotschaal te experimenteren met relevante aspecten van CCUS. De CO₂-uitstoot van deze centrale bedraagt 235.000 ton per jaar. Deze CO₂ verdwijnt momenteel in de atmosfeer. Afvang en hergebruik/opslag van deze CO₂ kan een significante bijdrage leveren aan de nationale doelstellingen op het gebied van CO₂-reductie.

¹ Hardboard, zachtboard, spaanplaat, vezelplaat, geperst hout, gebruikte meubels, geleverd hout, deuren, kozijnen, niet-geïmpregneerd houtafval, sloophout, triplex en multiplex

² IEA (2016): 20 Years of carbon capture and storage, accelerating future deployment, pagina 80 e.v.

³ Bekend onder referentie SDE1500071

Een obstakel hierbij is dat de samenstelling en kwaliteit van de uit de BEC afgevangen CO₂ onbekend is, om twee redenen. Ten eerste is het B-hout dat in de BEC wordt verbrand vervuild met verf, beits, fineer, etc., waarvan het onduidelijk is in welke concentraties hiervan restanten overblijven in de afgevangen CO₂. Daarnaast kunnen bij het afvangen van de CO₂ afbraakproducten ontstaan uit de toegepaste amine bij het afvangproces.

Dit maakt dat de kwaliteit van de afgevangen CO₂ moeilijk te voorspellen is zonder hiermee praktijktesten uit te voeren. In dit project wordt hier een eerste stap in gezet, gefocust op de afvangst en de mogelijke vervuilingen die gepaard gaan met de afbraakproducten uit het amine was/afvang proces.

3.3 CO₂-vraag - Glastuinbouw

Het onderhavig project is een deel-invulling van de 'Green Deal CO₂ voorziening Glastuinbouw Noord-Holland'. Deze Green Deal is o.a. ondertekend door HVC, Provincie Noord-Holland en de ministeries van EZ en I&M. In de regio Noord-Holland Noord bestaat momenteel een grote vraag naar CO₂ vanuit de aldaar ruim vertegenwoordigde glastuinbouw. Tuinders hebben een grote CO₂-behoefte voor het kweken van hun gewassen. Veelal wordt aan deze vraag voldaan door de inzet van warmtekrachtkoppeling (WKK). Door verbranding van aardgas in een WKK-installatie wordt zowel warmte als elektriciteit als CO₂ geleverd aan de kas. Hoewel dit voornamelijk in de winter een efficiënte aanpak is, is de CO₂-uitstoot nog steeds zeer significant. Want hoewel de CO₂ uit de fossiele brandstoffen wordt opgenomen in de gewassen, komt deze na vertering/verrotting alsnog in de atmosfeer terecht. De CO₂-uitstoot als gevolg van de verbranding van fossiele brandstof wordt dus grotendeels slechts vertraagd, niet vermeden. Daarnaast bestaat in de glastuinbouw ook in de zomer een grote CO₂-vraag. In veel gevallen laten de tuinders hun WKK (of erger: hun gasketel) draaien, puur voor de CO₂. Dit is een enorme verspilling van fossiele brandstoffen.

Alternatief voor CO₂ uit de WKK is extern geleverde CO₂. Het aantal leveranciers hiervan is echter beperkt en vaak ook onzeker gebleken. Zo heeft bijvoorbeeld de voor Zuid-Holland relevante OCAP-leiding te maken gehad met meerdere gevallen van tijdelijk uitgevallen CO₂-bronnen.

Leveringszekerheid van CO₂ is dus een reëel probleem voor tuinders⁴. Het vergroten van flexibiliteit van de levering van CO₂ is dan ook een belangrijk onderwerp in deze keten. Alleen dan zal de tuinder op termijn afstand doen van de WKK.

3.4 Bijeenbrengen van vraag en aanbod

Een veelbelovende oplossingsrichting om de bovenstaande situatie aan te kaarten, is via levering van CO₂, afgevangen uit de BEC, aan de tuinders. Hierbij wordt een scenario van vervloeiing van CO₂ en transport per tankwagons voorzien. Dit heeft een aantal aanzienlijke voordelen

- Ten eerste kunnen grote investeringen in infrastructuur (pijpleidingen) worden vermeden.
- Ten tweede wordt door de ont koppeling van productie en levering (zoals bij een "klassieke" pijpleiding) een hoge mate van flexibiliteit (zowel qua locatie als in de tijd) gerealiseerd, waardoor ook mogelijke toekomstige andere toepassingen van CO₂-hergebruik kunnen worden bestreken.
- Ten derde wordt door de ont koppeling van CO₂- en energiegebruik de weg bereid voor de transitie naar duurzame warmte (bijvoorbeeld geothermie) en elektriciteit.

⁴ Zie bijvoorbeeld <https://www.bnr.nl/nieuws/economie/10327187/tuinbouw-in-de-knel-door-raffinaderij-brand-pernis>

3.5 Probleemstelling

Het centrale probleem rondom CO₂ afvangst bij biomassa verbranding (BECCS) in Nederland is het ontbreken van voldoende geïntegreerde technologie die op technisch, economisch en, milieutechnisch efficiënte wijze met elkaar geïntegreerd kunnen worden in een CO₂-keten. Dit belemmert de noodzakelijke grootschalige uitrol van BECCS in Nederland. Om CCS en CCU in de toekomst breed toe te kunnen passen is het belangrijk om in te zetten op onderzoek, demonstratieprojecten, kostenverlaging, minder belemmeringen en meer investeringsprikkels.

Binnen en buiten Nederland bestaat géén of nauwelijks ervaring met de combinatie biomassaverbranding, CO₂-afvangst en gebruik van de afgevangen CO₂. Het gebruik van technisch volwassen processen voor CO₂ afvangst in combinatie met verbranding van biomassa leidt mogelijk tot de vorming van ongewenste bijproducten uit het gebruikte oplosmiddel, die zowel het milieu kunnen belasten als de mogelijkheden voor nuttige toepassing van de afgevangen CO₂ kunnen beperken. Het is daarom van belang om verschillende technologieën en toepassingen in de praktijk te brengen, om zo het de gehele keten van afvangst en gebruik van CO₂ volwassen te maken. In dit project worden daartoe concrete stappen gezet, waarbij de volgende aspecten samenkomen:

1. HVC stoot met haar BEC op grote schaal bio-CO₂ uit. Afvang hiervan is nieuw en het is onbekend of en zo ja in welke mate het beoogde aminewasproces in deze situatie geschikt is. Degradatie van de MDEA en mogelijk te hoge concentraties vervuilingen in de afgevangen CO₂ en het rookgas zijn hierbij onzekerheden.
2. HVC en Boskalis hebben een BAWI die soda verbruikt. Afgevangen CO₂ uit de BEC is een goedkoop en duurzaam alternatief voor soda, maar het is nog onbekend of het operationeel ook werkbaar is. Het te vormen ketelsteen is namelijk berucht om zijn neerslagreactie met als gevolg verstopping precies op het grensvlak van CO₂ gas en basisch bodemas waswater.
3. Tuinders gebruiken momenteel veelal CO₂ uit fossiele brandstoffen/processen (WKK of industriële restproducten). Dit is niet duurzaam en de leveringszekerheid is een pijnpunt. Een mogelijk alternatief is levering van (vloeibare) CO₂ uit de BEC, maar het is nog niet bekend of de kwaliteit hiervan volstaat voor toepassing in de glastuinbouw en of de business case sluitend is te krijgen.

Door in dit project CO₂ af te vangen en twee concrete praktijktoepassingen te onderzoeken, dragen de projectpartners niet alleen bij aan het verduurzamen van hun eigen processen, maar ook aan de hierboven genoemde centrale probleemstelling.

4 Doelstelling en resultaat

In deze sectie wordt de doelstelling van het Ambience-project geschetst.

4.1 Doelstelling en resultaat van dit project

De hoofddoelstelling van dit project is het inrichten en valideren van een technisch en economisch haalbare keten van de afvang en het hergebruik van de CO₂ uit een BEC. Op deze manier wordt beoogd de mogelijkheden voor BECCS in Nederland uit te breiden.

Deze hoofddoelstelling wordt nagestreefd middels een aantal concrete subdoelstellingen:

1. Valideren afvangtechnologie op basis van MDEA toegepast op vervuilde rookgassen uit de BEC, waarbij met name de invloed van verontreinigingen die uit MDEA gevormd worden vastgesteld wordt.
2. Pilottoepassing CO₂-afvang uit vervuilde rookgassen van de BEC in een BAWI ter vervanging van Soda.
3. Het ontwikkelen van kennis over de kwaliteit van de output van CO₂-afvang bij verschillende inputstromen in de BEC en de consequenties op de kwaliteit van de CO₂ voor gebruik in de BAWI en de glastuinbouw.
4. Verkenning haalbaarheid toepassing CO₂-afvang en levering vloeibare CO₂ aan glastuinbouw.
5. Ketenintegratie en optimalisatie business case(s) – verlagen onrendabele top van afvangstinstallatie.
6. Zodanige inrichting en uitvoering van het project, dat bij positieve resultaten uit dit project een vervolgtraject (op schaal) op het gebied van levering van vloeibare CO₂ aan de glastuinbouw snel kostenefficiënt kan worden doorgezet.

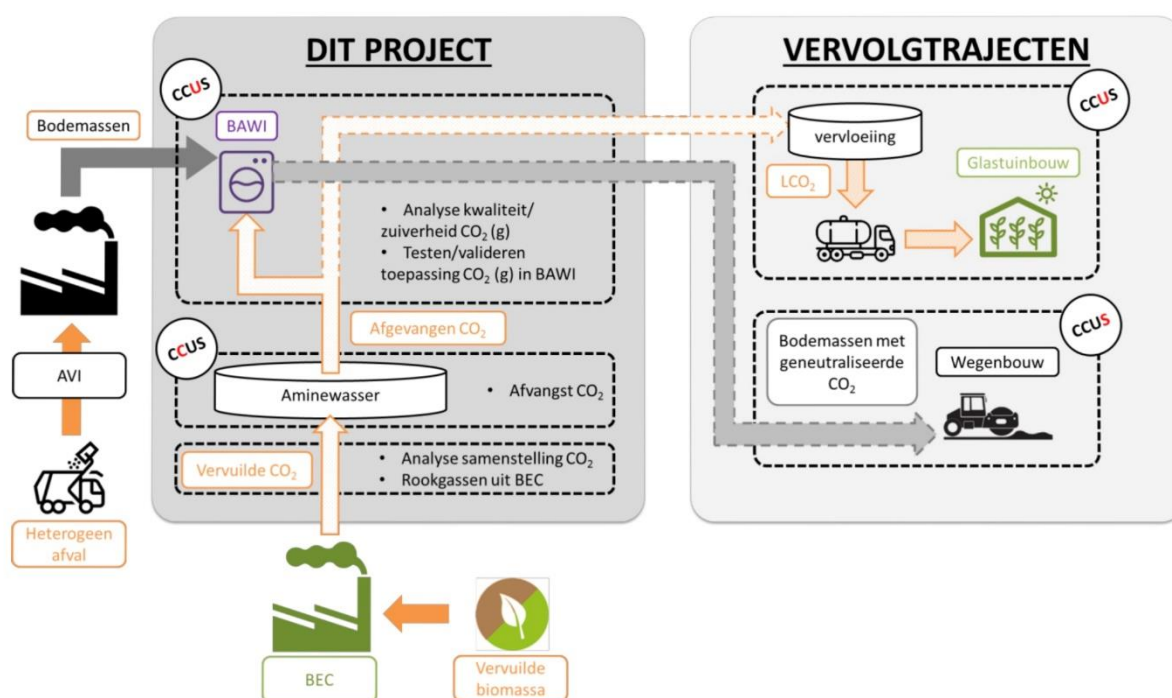
Het beoogde resultaat van dit project is een gevalideerde pilotinstallatie voor de afvang van CO₂ bij de BEC in Alkmaar en hergebruik hiervan in de nabijgelegen BAWI. Daarnaast vindt in het project de validatie van de CO₂-kwaliteit voor toepassing in de glastuinbouw plaats. Tevens wordt kennis ontwikkeld over de afvangtechnologie bij verschillende toepassingen voor glastuinbouw en gebruik in de BAWI.

4.2 Vervolgstappen

In een op dit project volgende beoogde vervolgstap is vervloeiing en levering van vloeibare CO₂ aan de glastuinbouw voorzien. Hiervan is reeds een eerste globale business case uitgewerkt en zijn voorbereidingen getroffen voor het concrete beoogde vervolgtraject.

Daarnaast willen de partners volgend op dit project verkennen of veel meer CO₂ t.b.v. pH-correctie is toe te passen in de BAWI. Verse bodemas uit afvalverbranding is zeer basisch. Het water uit de eerste natte zeefstap van de BAWI bereikt daardoor regelmatig waarde van pH 13. Een dergelijk hoge pH waarde vormt een veiligheidsrisico voor de betrokken medewerkers en wordt bij voorkeur bij de bron

weggenomen. Dit kan door ook in dit water geforceerd CO₂ op te lossen en daarmee de pH te verlagen. Het zich daarbij vormende ketelsteen slaat neer in de bezinktank en komt uiteindelijk terecht in het slib dat gestort wordt. Als zodanig wordt deze CO₂ permanent opgeslagen (op een stortplaats). Aangezien het storten van gebonden CO₂ op stortplaatsen in Nederland geen structurele oplossing is voor het klimaatprobleem (het vereiste stortvolume zou twee grootte ordes hoger liggen dan momenteel), is de primaire drijfveer hierbij pH correctie t.b.v. veiligheid.



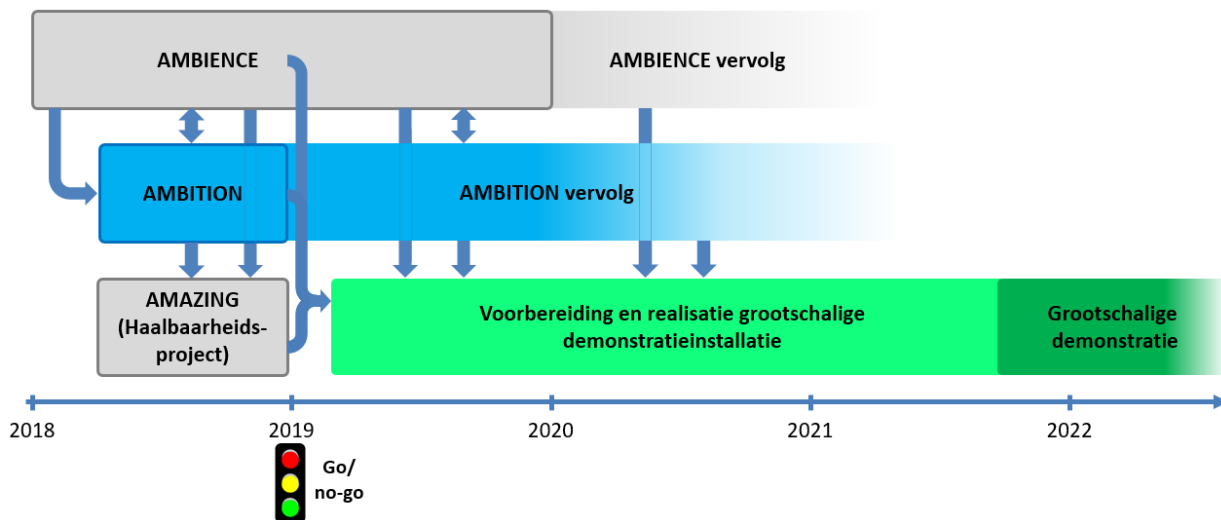
Figuur 1, Schematische weergave van het project en vervolgtrajecten

Dit project sluit naadloos aan bij de ambities van het CCUS-programma. Door CO₂ af te vangen afkomstig van biomassaverbranding en te hergebruiken, draagt het project bij aan de significante rol die voor BECCS wordt voorzien in het terugdringen van CO₂-uitstoot. Door ontwikkeling, testen en in de praktijk brengen van technologie, het verbinden van ketens en het ontwikkelen van positieve business cases, worden knelpunten in de keten weggenomen en wordt een stap gezet richting grootschalige BECCS-toepassingen in de praktijk.

4.3 Samenhang met andere projecten

In 2018 en 2019 heeft HVC in totaal 3 projecten met overheidssteun op het gebied van CCUS uitgevoerd.

De samenhang tussen de diverse projecten is gegeven in **figuur 2**.



Figuur 2 - Relatie van het Ambience-project tot andere (deel)projecten. De blauwe pijlen vertegenwoordigen de uitwisseling van kennis en ervaring.

Over het AMAZING project heeft HVC in september 2019 een eindrapport opgesteld en ingediend bij RVO.

De einddatum van het Ambition project verliep op 30 augustus 2019 en eind november is het eindrapport ingediend bij RVO.

Inmiddels is ook subsidie toegekend aan 'Decipher' een project waarin HVC en TNO samenwerken om gedurende drie jaar te meten aan deze afvang installatie (uit onderhavig Ambience project). In Decipher zal ook de beheersing van (degradatie van het) het amine oplosmiddel nadrukkelijk aan de orde komen.

5 Opzet van het project

5.1 Beschrijving werkpakketten

Hieronder wordt een beknopte beschrijving van de activiteiten binnen dit project gegeven.

WP1	Projectmanagement en kennisoverdracht
Beschrijving:	Het doel van dit werkpakket is het managen van het project op een effectieve en transparante wijze, zodat de projectresultaten tijdig en binnen het gestelde budget worden behaald. Daarnaast het bewaken van de voortgang van, en samenhang tussen, de verschillende werkpakketten en het bevorderen van effectieve communicatie binnen het project, alsmede het controleren en (indien nodig) mitigeren van de projectrisico's. Het overall projectmanagement wordt door HVC uitgevoerd.
Activiteiten:	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Financieel en administratief projectmanagement, inclusief rapportage en monitoring. Hiervoor worden ook de financiële voortgangsrapportages met resultaatcontrole opgesteld. (HVC) 1.2. Organisatie van projectmeetings. Het organiseren van projectteambijeenkomsten: kick-off bijeenkomst, voortgangsbijeenkomsten en een afsluitende bijeenkomst. Coördinatie en timing van alle projectactiviteiten. (HVC) 1.3. Faciliteren van effectieve communicatie binnen het project Communicatie en disseminatie. Gedurende en na afloop van het project worden de resultaten van de bevindingen gepubliceerd. (HVC, TNO.ECN)
Resultaten & deliverables	<ul style="list-style-type: none"> • Financiële en inhoudelijke projectadministratie, inclusief tussen- en eindrapportages • Communicatie-uitingen: <ul style="list-style-type: none"> ○ persberichten: ○ Tenminste één Engelstalige presentatie op een internationaal congres zoals VDI ○ Een artikel over het project en de behaalde resultaten in een vakblad
WP2	Analyse en vooronderzoek
Beschrijving:	In dit werkpakket worden de benodigde analyse en vooronderzoek uitgevoerd ten behoeve van WP's 3 en 4.
Activiteiten:	<ol style="list-style-type: none"> 2.1. Operationeel maken analyse van bijproducten van MDEA. Bestaande analyseapparatuur zal worden aangepast om de bijproducten van MDEA te kunnen analyseren. De apparatuur wordt gekalibreerd en meetbereik en detectiegrenzen zullen worden vastgesteld. (TNO.ECN) 2.2. Definitie monsternameprotocollen en meetprogramma. Op basis van jarenlange ervaring van TNO.ECN en beschikbare literatuur zullen monsternameprotocollen worden gedefinieerd en zal de benodigde apparatuur worden verzameld, gemaakt of aangeschaft. In overleg met HVC zal een meetprogramma worden opgesteld voor metingen op locatie in Alkmaar. (TNO.ECN) 2.3. Pre-engineering afvanginstallatie. (HVC)

- 2.4. Vooronderzoek methodes en technieken CO₂-oplossing BAWI (Boskalis)
- 2.5. Inventariseren eisen en randvoorwaarden levering en toepassing LCO₂ aan glastuinbouw. (HVC)

- Resultaten & deliverables:
- Rapportage over operationeel maken van de analyseapparatuur, te gebruiken monsternameprotocollen en meetprogramma voor de meetcampagnes.
 - Conceptueel ontwerp CO₂-afvanginstallatie
 - Meetprogramma t.b.v. WP3

WP3 Pilot CO₂ afvang

Beschrijving: In dit werkpakket wordt in opdracht van HVC een CO₂-afvanginstallatie ontworpen, gebouwd en getest. Daarnaast ontwikkelt en test TNO.ECN meetmethoden die na in bedrijf name van de afvanginstallatie de kwaliteit van de resterende rookgassen en het geproduceerde CO₂ valideren. Focus is hierbij de unieke combinatie van BEC-rookgassen en het gebruik van MDEA solvent.

- Activiteiten:
- 3.1. Detailengineering afvanginstallatie (HVC)
 - 3.2. Bouw en installatie afvanginstallatie (HVC)
 - 3.3. Installatie en validatie monstername-apparatuur (TNO.ECN)
 - 3.4. Om de correcte werking van de monstername apparatuur te verifiëren zal een meetcampagne bij HVC in Alkmaar worden uitgevoerd.
 - 3.5. Pilot CO₂-afvang (HVC, TNO.ECN)
 - 3.6. Meetcampagnes samenstelling rookgassen en kwaliteit afgevangen CO₂. 3 meetcampagnes worden uitgevoerd, waarbij TNO.ECN monsters neemt van zowel het rookgas als de geproduceerde CO₂ stroom. De monsters zullen in het laboratorium van TNO.ECN in Petten worden geanalyseerd om de hoeveelheid gevormde bijproducten (uit MDEA) te bepalen. (TNO.ECN)
 - 3.7. Analyse resultaten afvang t.b.v. glastuinbouw – eisen kwaliteit CO₂ voor vervloeiing en toepassing in kassen (TNO.ECN)

- Resultaten & deliverables:
- Functionele pilotinstallatie afvang CO₂
 - Rapportage over hoeveelheid bijproducten in rookgas en CO₂ als functie van tijd

WP4 Pilot CO₂-hergebruik

Beschrijving: In dit werkpakket worden met de afgevangen CO₂ de praktische toepassing van hergebruik onderzocht in de BAWI ter vervanging van Soda.

- Activiteiten:
- 4.1. Analyse samenstelling en kwaliteit afgevangen CO₂ (TNO.ECN)
 - 4.2. Aanleg koppeling CO₂-afvanginstallatie – BAWI (HVC)
 - 4.3. Aanleg CO₂-oplosinstallatie BAWI (HVC)
 - 4.4. Valideren of het oplossen van CO₂ in basisch bodemas water operationeel blijft zonder verstopping door ketelsteen (HVC, Boskalis)
 - 4.5. Valideren of de vervanging van Soda door CO₂ leidt tot de gewenste ontharding. (HVC, Boskalis)
 - 4.6. Vaststellen efficiëntie CO₂ gebruik t.o.v. vermeden Soda inkoop. Welke overmaat is nodig? (HVC, Boskalis)

- Resultaten & deliverables:
- Functionele pilotinstallatie CO₂-toepassing BAWI
 - Kennis over de geschiktheid van de toepassing van de afgevangen CO₂ voor hergebruik als soda vervanger en als toepassing in de glastuinbouw. Dit resulteert concreet in twee rapportages:

- Rapportage geschiktheid toepassing afgevangen CO₂ als Soda vervanger
- Rapportage geschiktheid toepassing afgevangen CO₂ in glastuinbouw

WP5 Business case ontwikkeling

Beschrijving: In dit werkpakket wordt doorlopend de link met de economische realiteit bewaakt. Gedurende het gehele project wordt hierin toegewerkt naar zo optimaal mogelijke business cases voor CO₂-toepassing in de glastuinbouw. Bijvoorbeeld door nageschakelde vervloeiing van de overtollige CO₂ en levering aan de tuinbouw

Activiteiten:

- 5.1. Gedurende het gehele traject worden de bevindingen uit de andere werkpakketten ingebracht en verwerkt in de business cases. (HVC)
- 5.2. In kaart brengen mogelijkheden voor kostenreductie (HVC, Boskalis)
- 5.3. In kaart brengen wet- en regelgeving en andere randvoorwaarden (HVC)
- 5.4. Uitwerken business cases gecombineerd met CCS en/of LCO₂ levering glastuinbouw (HVC)

Resultaten & deliverables:

- Uitgewerkte business cases

6 Analyse en vooronderzoek

6.1 Operationaliseren analyse van bijproducten van MDEA

In hoofdlijnen bestaat een meting uit de volgende stappen:

- Monstername uit de processtroom.
- Conditionering van het genomen monster door koeling tot 4 °C.
- Analyse van de chemische verbinding hetzij ter plekke, hetzij op het chemisch laboratorium van TNO in Petten.

Een uitgebreide beschrijving van de monstername procedure en gevolgde analytische methodes is opgenomen in het TNO rapport 'Meting van concentraties van amines en degradatieproducten van amines in de pilot installatie voor CO₂ afvangst bij HVC in Alkmaar'

6.2 Definitie monsternameprotocollen en meetprogramma

De analyses die zijn uitgevoerd op de verschillende monsternamepunten worden weergegeven in **Tabel 1** Er zijn een aantal uitzonderingen op onderstaande: een aantal metingen zijn bij de 2^e meetcampagne toegevoegd als gevolg van voortschrijdend inzicht dat is ontstaan tijdens de bespreking van resultaten van de 1^e meetcampagne en bij de 4^e meetcampagne is vanwege het beschikbare budget gefocust op de voor de doelstellingen van het project meest relevante analyses.

Nr	Component	Monsternamepunt					
		S1	S2	S3	S4	R	C1
1	CO ₂	X	X	X	X		
2	NH ₃	X	X	X	X		
3	Amines			X	X	X	X
4	Aldehydes			X	X		
5	Amines			X	X		
6	Nitrosamines			X	X	X	
7	GC-MS screening			X	X	X	

Tabel 1, Programma meetcampagnes

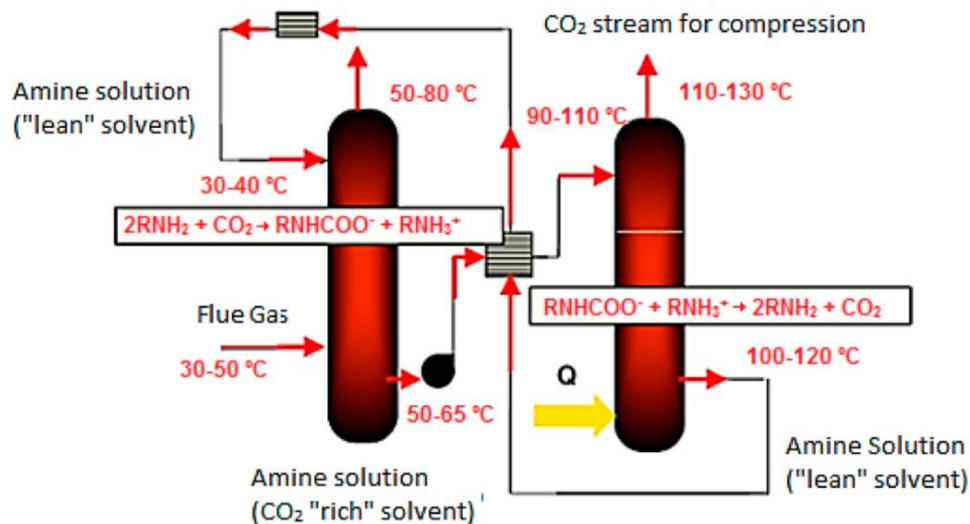
Bij de beschrijving van de meet resultaten in de volgende hoofdstukken is een schema opgenomen met daarin de locatie van de meetpunten S1 t/m S2, R en C1 in de pilot plant.

6.3 Pre-engineering afvanginstallatie

De toegepaste techniek is die van de amine absorptie. De pilot die voor HVC Alkmaar is ontworpen en gemonteerd betreft een klassieke opstelling waarin de rookgassen uit de BEC (althans het deel dat t.b.v. de afvang wordt afgetapt uit de schoorsteen) de volgende stappen doorlopen:

- In een Direct Contact Cooler (DCC) die tevens functioneert als een extra gaswasser, worden de rookgassen afgekoeld van 75°C naar 40°C. Door aan het koel/was water natronloog toe te voegen, wordt het SO₂ gehalte in het afgetapte rookgas verder verlaagd.
- Volgende belangrijk installatiedeel is de Absorber waarin de rookgassen in tegenstroom gewassen worden door een water-Amine mengsel waarin CO₂ selectief oplost.
- Dit zogeheten 'beladen' Amine wordt vervolgens indirect met stoom verhit (uitgekookt) bij 135°C om de CO₂ gasvormig vrij te krijgen.
- Het weer onbeladen Amine-water mengsel wordt vervolgens in een kruis warmte-wisselaar afgekoeld voordat het weer terug de Absorber ingaat. Per saldo is er dus sprake van een gesloten kringloop van Amine en ontstaan er twee gasstromen: Rookgas zonder CO₂ en een vrij zuivere CO₂ stroom.

In **figuur 3** wordt dit proces versimpeld weergegeven.

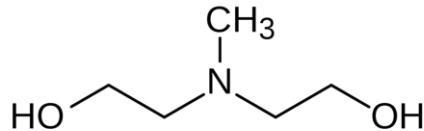


Figuur 3, versimpeld schema amine absorptie techniek

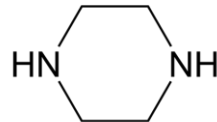
Het afvangen van CO₂ middels amine absorptie is nog niet uitontwikkeld. Met name op het gebied van de amine keuze vindt er wereldwijd nog altijd een doorontwikkeling plaats die zoekt naar een amine die enerzijds weinig energie vergt in de stripper stap, maar die anderzijds weer veel (en snel) CO₂ afvangt in de absorptie stap. Dit zijn fysisch tegenstrijdige eisen. Tevens is het van belang om een amine te vinden die bestand is tegen componenten in de rookgas, zodat het amine niet degradeert. Bekend is dat restzuurstof het amine aantast, maar dat bijvoorbeeld ook SO₂ reageert met amines tot zogeheten nitroso-amines. Dit is een hele familie aan verbindingen waarvan van een paar bekend is dat ze giftig/carcinogeen zijn.

CATO heeft aan HVC een systeem aangeboden gebaseerd op MDEA (Methyl Di Ethanol Amine) als werkzame amine met daarbij Piperazine als versneller van het absorptie proces. De begin concentraties zijn dan 40% MDEA en 8% Piperazine (PZ) in water.

Methyl diethanolamine (MDEA)



With Piperazine (PZ) as activator
(MDEA / PZ \approx 5)



Figuur 4, Actieve ingrediënten amine systeem HVC

Dit is een commercieel amine mengsel dat geproduceerd wordt door Dow Chemical.

Dit amine is een zogeheten tweede⁵ generatie amine dat meer bestand is tegen aantasting door zuurstof en SO₂ doordat alle posities rondom het stikstof atoom bezet zijn (tertiair amine). Nadeel is het feit dat MDEA pas bij 135°C de CO₂ weer loslaat tijdens het uitkoken in de stripper. Dit vereist dus meer energie per ton geproduceerde CO₂ dan bij meer een meer conventioneel amine zoals MEA. In deze specifieke pilot plant is dit echter niet (financieel) kritisch omdat HVC SDE+ subsidie ontvangt op de stoom die nodig is in de reboiler om de stripper te verhitten.

Overigens is de hulpstof Piperazine een secundair amine dat dus wel weer amine atomen heeft met elk één vrije positie die kunnen reageren met stoffen in de rookgassen.

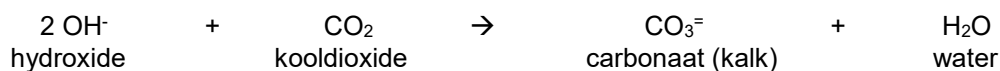
6.4 Methode van CO₂-oplossen in BAWI

Het waswater in de bodemas wasinstallatie van WASH in Alkmaar bevat hoge gehalten calcium maar de hardheid van het water is laag. Om de calcium toch neer te laten slaan wordt soda (natriumcarbonaat) gedoseerd. Het carbonaat vormt met het calcium ketelsteen (CaCO₃) dat in de installatie neerslaat en als slib wordt afgescheiden.

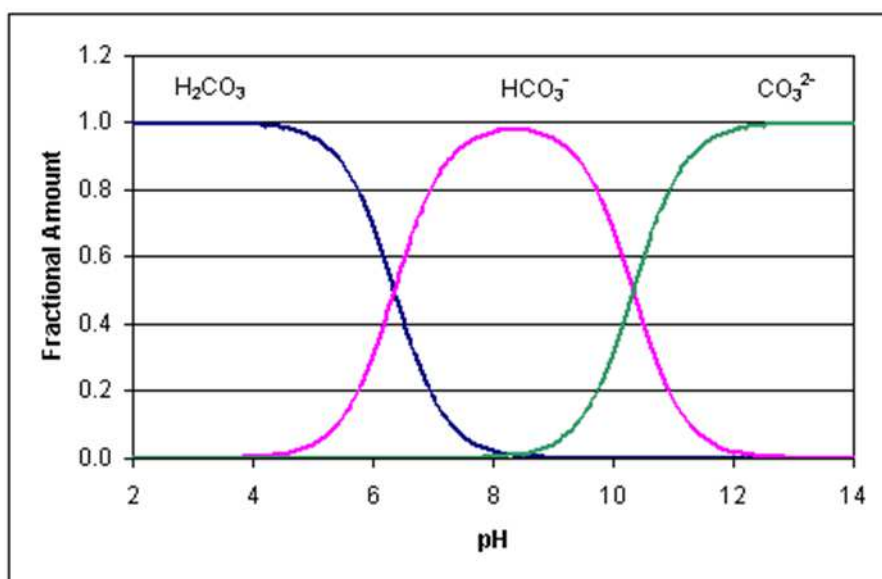
Omdat de pH van dit WASH water erg hoog is kan de neerslag van Calcium ook bewerkstelligd worden door CO₂ (koolzuur, een zwak zuur) te doseren aan dit basische water. CO₂ lost zeer goed op in basisch water. Bij deze hoge pH wordt de CO₂ omgezet in carbonaat en dit kan de sodadosering vervangen. Qua duurzaamheid is dit een optimale aanpak omdat het niet langer noodzakelijk is extern geproduceerde carbonaat per vrachtwagen aan te voeren.

⁵ MEA (Mono Ethanol Amine), is een voorbeeld van een eerste generatie amine. MEA kan weliswaar veel CO₂ opnemen, maar is gevoelig voor degradatie processen.

Wanneer kooldioxide in water met een hoge pH wordt ingebracht wordt de CO₂ omgezet in carbonaat



Bij deze reactie wordt hydroxide verbruikt zodat de pH zal dalen. Belangrijk is echter dat de pH hoger dan pH = 9,5 blijft omdat bij een lagere pH niet alle kooldioxide meer wordt omgezet in carbonaat.



Figuur 5. Omzetting Carbonaat

Bij het inbrengen van CO₂ is deze pH na doseren dan ook de parameter waarop gestuurd wordt.

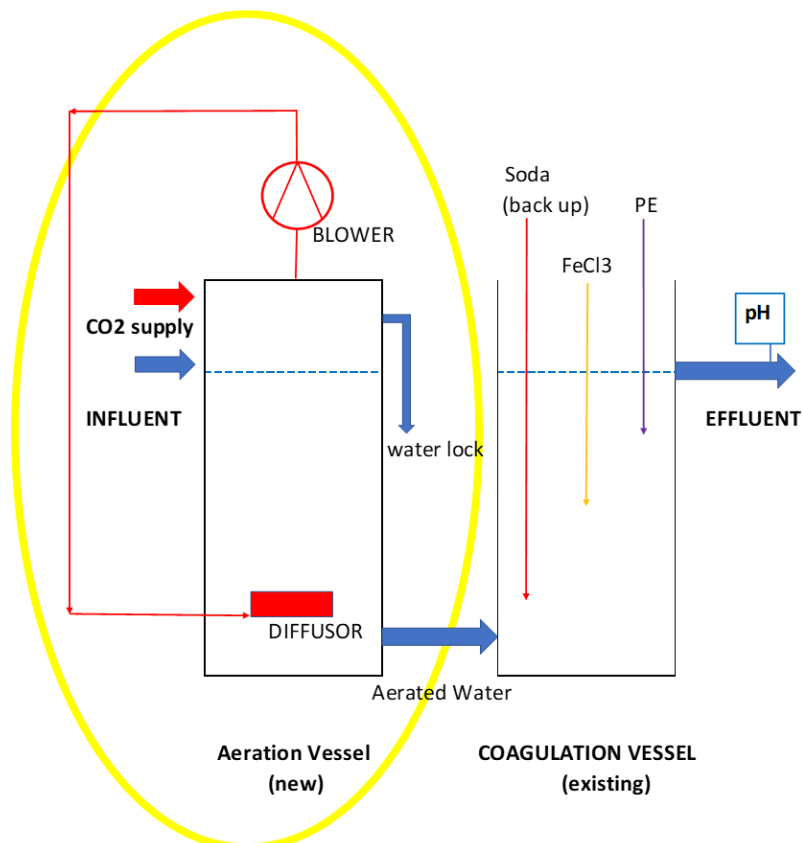
Tot het moment dat de CO₂ beschikbaar komt van de carbon capture plant wordt gemiddeld 1.245 kg/dag soda aangeboden aan de installatie. Dit komt overeen met 900 kg carbonaat. De bulk van dit carbonaat wordt gedurende de 12 daguren ingebracht wanneer het proceswater vrij komt. De overige tijd en in het weekend is er wel sprake van een onderhoudsdosering maar deze is veel lager. De dosering dient dus afgestemd te worden op 900 /12 = 75 kg carbonaat/uur . Hiervoor is 55 kg/uur (28 Nm³/uur) gasvormig kooldioxide nodig.

Het water dat uit het spoelproces van WASH komt heeft een pH van 12,5 (zie **tabel 2**). Door kooldioxide dosering zal deze pH dalen maar het is onwenselijk dat deze onder pH = 10 komt. Op basis van de bovenstaande reactievergelijking kan berekend worden dat voor de pH daling, aangenomen dat de bufferende werking van het water door eventuele andere stoffen beperkt is, 0,7 kg CO₂/m³ influent nodig is.

Op basis van de piekbelasting van 55 kg/uur is dus 79 m³ water nodig.

Calcium	mg/l	175- 730
Chloride	mg/l	2.700 – 4.000
pH		12,2 – 12,7
Geleidbaarheid	mS/cm	13 - 18
Redox	mV	-65
Natrium	mg/l	1.400 – 1.900
Temperatuur	°C	8 – 22

Tabel 2 Samenstelling water Coagolietank



Figuur 6, Schema diffusor om CO₂ op te lossen in BAWI water,

6.5 Eisen en randvoorwaarden LCO₂ in glastuinbouw

HVC is met OCAP in overleg over de levering van CO₂ t.b.v. verkoop (door OCAP) aan de glastuinders in Noord-Holland. In dit overleg over contractvoorwaarden is de volgende **tabel 3** opgenomen met kwaliteitsaspecten van de te leveren (vloeibare, dus na vervloeien) CO₂.

<i>Component</i>	<i>Norm</i>	<i>Eenheid</i>
<i>Koolstofdioxide (CO₂)</i>	99,9%	v/v min.
<i>Water (H₂O)</i>	20	ppm v/v max.
<i>Stikstof (N₂)</i>	100	ppm v/v max.
<i>Zuurstof (O₂)</i>	30	ppm v/v max.
<i>Stikstofmonoxide (NO)</i>	2,5	ppm v/v max.
<i>Stikstofdioxide (NO₂)</i>	2,5	ppm v/v max.
<i>Ammonia (NH₃)</i>	2,5	ppm v/v max.
<i>Totaal vluchtige koolwaterstoffen (als methaan gemeten)</i>	10	ppm v/v max.
<i>Totaal aromatische koolwaterstoffen</i>	0,1	ppm v/v max.
<i>Etheen (C₂H₄)</i>	1	ppm v/v max.
<i>Benzeen (C₆H₆)</i>	0,02	ppm v/v max.
<i>Acetaldehyde (CH₃CHO) en ethylacetaat (C₄H₈O₂) samen</i>	0,2	ppm v/v max.
<i>Koolmonoxide (CO)</i>	10	ppm v/v max.
<i>Methanol (CH₃OH)</i>	10	ppm v/v max.
<i>Ethanol (C₂H₆O)</i>	1	ppm v/v max.
<i>Totaal zwavel (als S)</i>	0,1	ppm v/v max.
<i>Waterstofcyanide (HCN)</i>	0,5	ppm v/v max.
<i>Niet vluchtig residue (deeltjes)</i>	10	ppm w/w max.
<i>Niet vluchtig organisch residue (olie en vet)</i>	5	ppm w/w max.
<i>Geen vreemde smaak of geur in water</i>		
<i>Zuurgraad volgens JECFA</i>		

Tabel 3, Normering kwaliteit CO₂ t.b.v. glastuinbouw

Een deel van deze eisen is ontleend aan CO₂ afkomstig van vergistingsinstallaties. Dit is de reden dat er stoffen in opgenomen zijn die normalerwijs niet terug gevonden kunnen worden in de rookgassen van een verbrandingsproces.

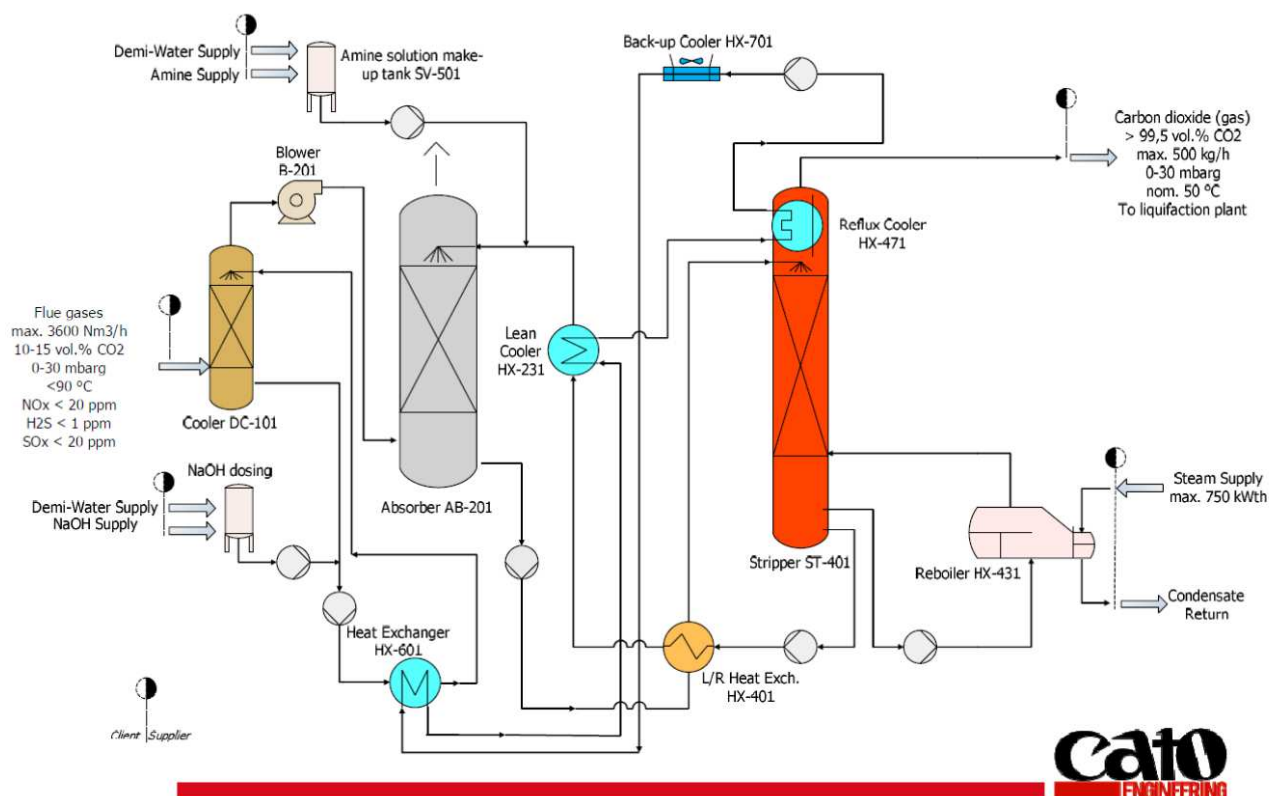
Gaandeweg dit project zal aan de hand van de werkelijk aangetroffen stoffen bezien worden of deze mogelijk kritisch zijn voor de toepassing in de glastuinbouw.

7 Pilot CO₂ afvang

7.1 Basic engineering

Voorafgaand aan de beschikking voor TCCU subsidie, welke definitief is afgegeven door RVO op 28 februari 2018, heeft HVC de eindonderhandelingen gevoerd met de leverancier van de afvang installatie, te weten CATO Engineering. Dit heeft geleid tot een schriftelijke opdrachtverlening door HVC aan CATO op 15 februari 2018.

De het ontwerp en de basic engineering welke CATO heeft opgeleverd is samengevat in het schema dat in **Figuur 7** is opgenomen.

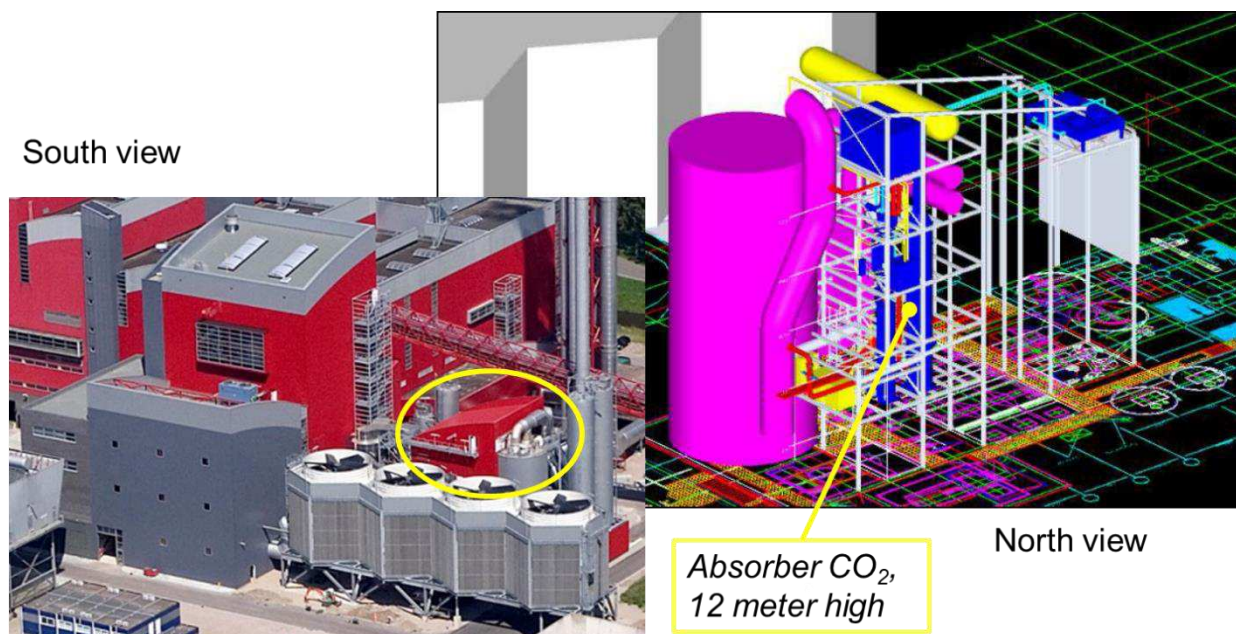


Figuur 7, schematische weergave Afvang installatie

CATO heeft de engineering uitgevoerd van de alle elementen van de totale installatie, inclusief de randapparatuur (koeling) en koppeling met het Procesbesturingsysteem van HVC.

Belangrijk onderdeel van de engineering was de inpassing van de hardware voor de afvang in het bestaande gebouw van de rookgasreiniging van de BEC. Dit rookgasreinigingsgebouw is omcirkeld gemarkeerd in de foto van **Figuur 8**. Tegen dit gebouw aan staat de bestaande rookgaswaster van de BEC. In de 3D tekening rechts van **Figuur 8** is dezelfde bestaande waster links aangegeven tegen het opengewerkte rookgasreinigingsgebouw aan.

De blauwe installatiedelen zijn nieuwbouw voor de carbon capture plant. Herkenbaar zijn de verticale kolommen: Direct Contact Cooler (klein, links op de voorgrond), Absorber (groot rechts op de voorgrond) en de Stripper (groot, nauwelijks zichtbaar achter de Absorber). Tevens is ingetekend (in geel) de bufferzak voor het gasvormige CO₂ en de koelers op het dak (in blauw).



Figuur 8, Rookgasreiniging BEC, inpassing kolommen carbon capture

Het afvangen van CO₂ uit rookgas omvat drie koelstappen:

- Koeling van het water van de DCC
- Nakoeling van het amine voordat het terug de Absorber ingaat.
- Koeling van de uitgaande CO₂ stroom uit de stripper (mede om evt. verdampend amine te minimaliseren)

Dit vergt een relatief grote koelunit die geplaatst is op het dak van het rookgasreinigingsgebouw van de BEC. Uit energiebesparingsoogpunt werken we met een kruiskoeler waarin het uitgaande hete onbeladen amine uit de stripper eerst het uitgaande koele beladen amine uit de Absorber voorwarmt, waarbij het onbeladen amine tevens afkoelt. Deze warmtewisselaar werkt nooit met een 100% energetisch rendement, en bovendien is een extern beïnvloedbare regeling wenselijk in de vorm van een stoom reboiler en een lean koeler op resp. de Stripper en het de Absorber ingaande amine.

7.2 Bouw en installatie afvanginstallatie

Op **16 mei 2017** is HVC begonnen met de voorbereidingen voor de vergunning aanvraag. De hiervoor noodzakelijke vooronderzoeken zoals geluid, emissies e.d. zijn daartoe uitgevoerd. Hierbij was de insteek dat de emissies naar het milieu als gevolg van deze installatie niet hoger zijn dan in de situatie voorafgaan aan de bouw en exploitatie van de afvang installatie. Aldus redenerend was HVC van mening dat er sprake is van een milieu neutrale wijziging welke met een verkorte procedure afgewikkeld kon worden. Op **28 juli 2017** heeft HVC daarop een aanvraag voor een omgevingsvergunning ingediend bij de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (ODNZKG). Bij een verkorte procedure mag een doorlooptijd van 8 weken verwacht worden en dus werd een beschikking eind **september 2017** verwacht.

Na een bericht over uitstel van de procedure kwam de ODNZKG eind september met de gevolgtrekking zij de afgevangen CO₂ als afvalstof beschouwen aangezien deze onbedoeld vrij komt en er een bewerking van deze stof plaats vindt. De afgevangen CO₂ zal weliswaar een (bij)product worden, maar doet niets af aan de afvalhandeling die daaraan vooraf gaat. De emissiebehandeling is nog steeds een afvalverwerkingsstap evenals de andere daaraan voorafgaande rookgasreinigingsstappen bij de BEC zelf totdat de emissie in de atmosfeer wordt uitgestoten.

Gevolg hiervan is dat de aanvraag voor CO₂ afvang en vervloeiing op basis van artikel 7.28 Wm buiten behandeling gelaten zou moeten worden omdat er bij de aanvraag geen m.e.r. aanmeldingsnotitie is gevoegd. Derhalve werd HVC verplicht om een MER aanmeldingsnotitie op te stellen om te kunnen beoordelen of een MER wel of niet nodig zou zijn.

Tevens merkte de ODNZKG op dat (uitsluitend) de opslag van vloeibare CO₂ (een afvalstof dus volgens bevoegd gezag) een nieuwe activiteit voor HVC zou zijn. Dit impliceert dat de aanvraag een volledige procedure zou moeten doorlopen met een langere looptijd. Met oog op de aanstaande subsidie aanvraag bij TCCU en de wens van de subsidie verstrekker om snel tot realisatie te komen van installatie (en budget) heeft HVC er **begin oktober 2017** voor gekozen om voor afvang (versnelde milieu neutrale procedure) en vervloeiing enerzijds, en de plaatsing van de opslagtank (volledige WABO vergunning traject) anderzijds twee separate aanvragen in te dienen.

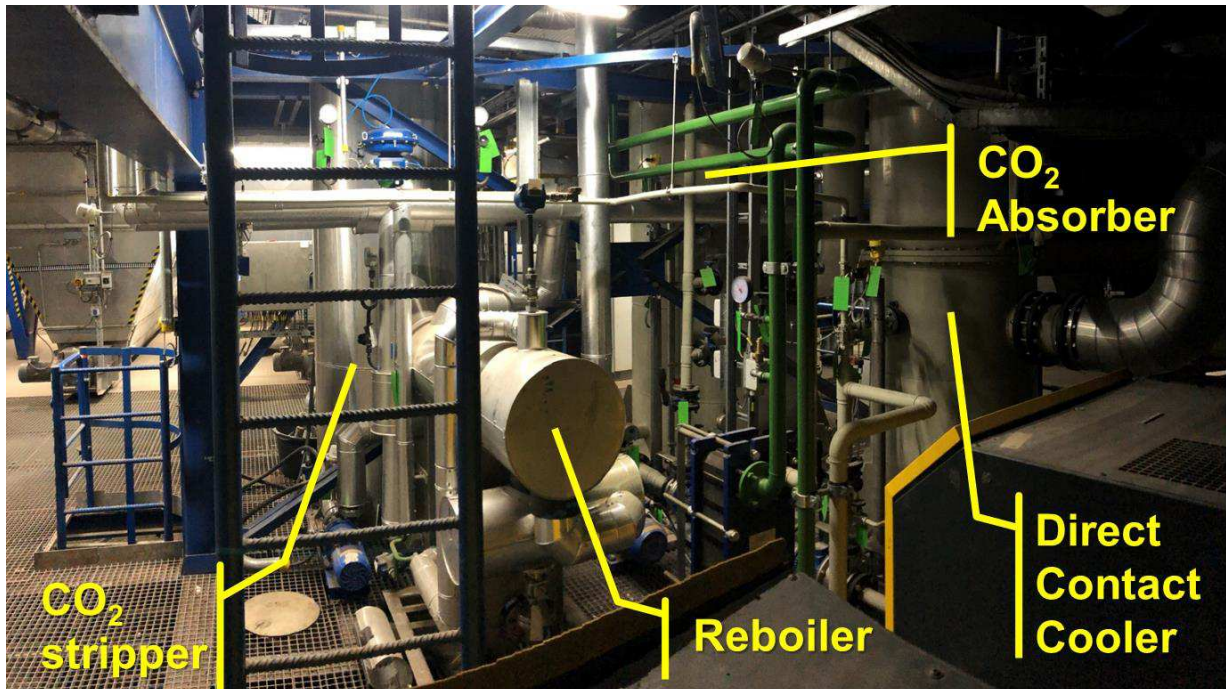
Op **20 oktober 2017** heeft HVC daarop een MER beoordelingsnotitie ingediend bij het bevoegd gezag (Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied) voor het plaatsen van een CO₂ afvanginstallatie. De ODNZKG heeft n.a.v. deze ingediende notitie op **14 november 2017** besloten dat er geen milieueffectrapport hoefde te worden opgesteld voor de afvang installatie, waarna de Omgevingsdienst de aanvraag voor de afvang en vervloeiing (dus exclusief opslagtank) behandelde en op **15 december 2017** een omgevingsvergunning is afgegeven voor deze milieu neutrale wijziging van de HVC installatie. Na de formele bezwaar termijn van 6 weken is deze dan op **26 januari 2018** onherroepelijk geworden.

15 februari 2018 heeft HVC aan CATO Engineering de definitieve opdracht verleend tot bouw van de afvang installatie. Hierbij is met CATO afgesproken dat de werkzaamheden al eerder begonnen omdat er **medio mei 2018** een onderhoudsstop van één week voor de BEC gepland stond. In deze week moesten twee rookgasleidingen in het rookgasreinigingsgebouw verplaatst worden om de hoofdcomponenten (DCC, absorber, stripper) te kunnen plaatsen, dus vooraf dienden alle bordessen en staalconstructies daarop te worden aangepast. De eerstvolgende geplande onderhoudsstop van de BEC zou pas in het najaar vallen.

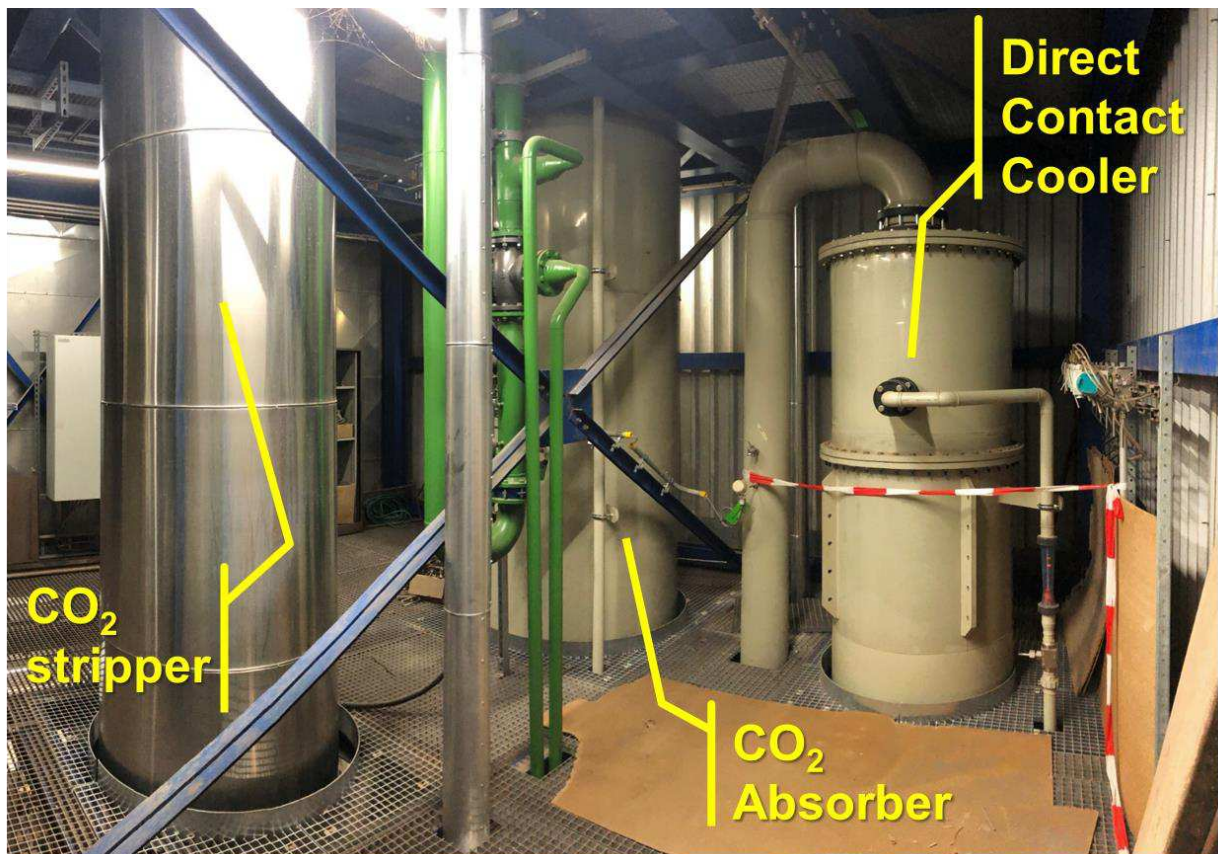
Het feitelijke in hijsen heeft op 15 mei 2018 plaatsgevonden, waarna gedurende vier maanden hard gewerkt om alle leidingen (koelwater, stoom, (rook)gas en elektra aan te leggen.



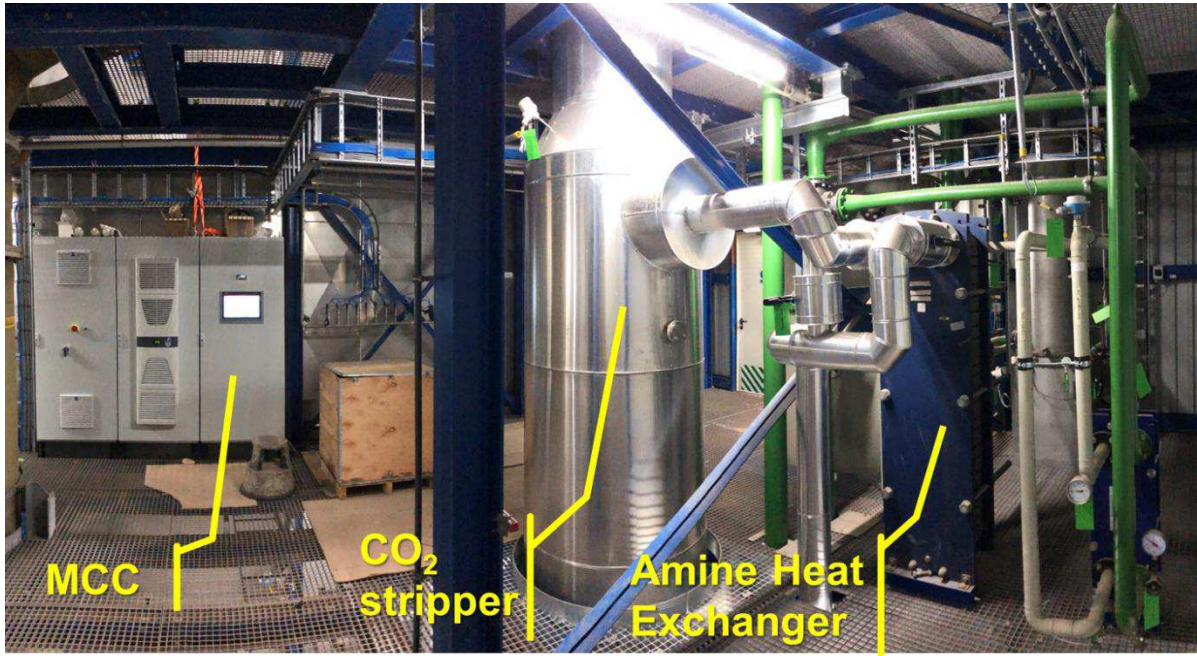
Figuur 9, in hijsen hoofdcomponenten



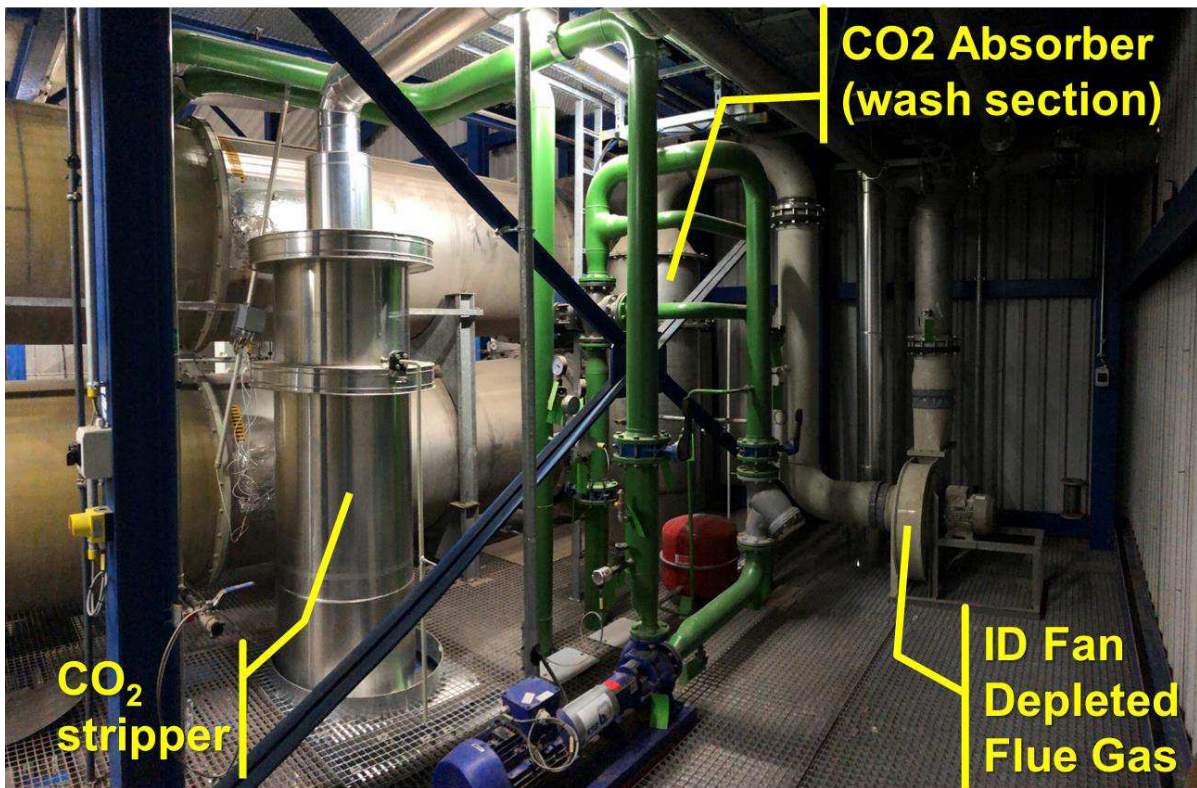
Figuur 10, Afvang installatie (1e verdieping RGR gebouw BEC)



Figuur 11, Afvang installatie (2e verdieping RGR gebouw BEC)



Figuur 12, Afvang installatie (3e verdieping RGR gebouw)

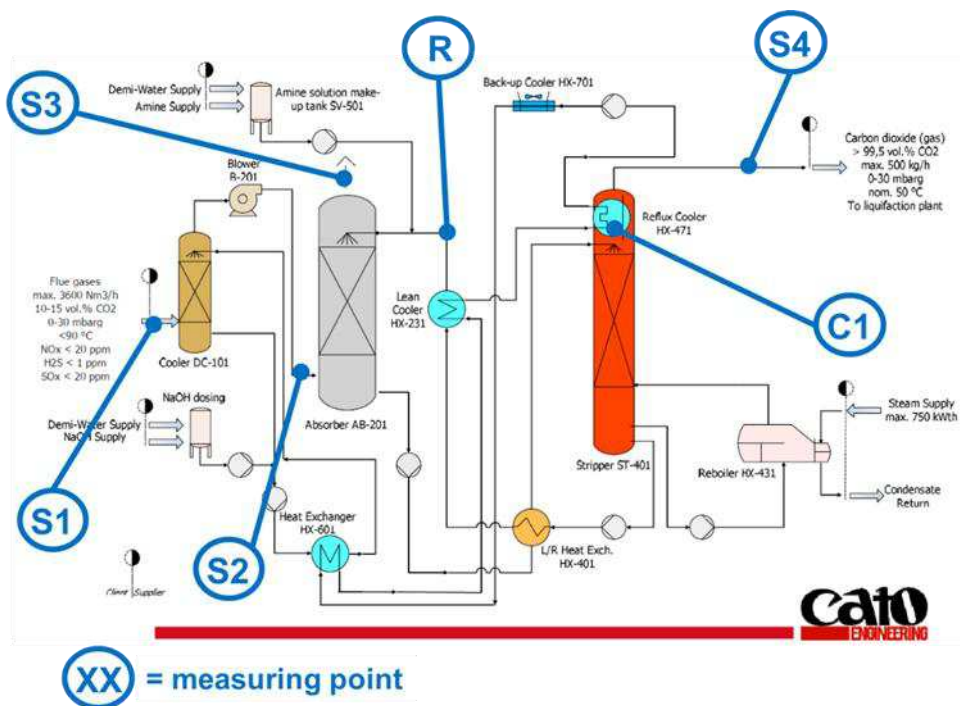


Figuur 13, Afvang installatie (4e verdieping RR gebouw BEC)

7.3 Installatie en validatie monsternamen apparatuur

De pilot installaties voor het afvangen en vervloeien worden gevoed met het rookgas van de biomassa energie centrale, welke voornamelijk B-kwaliteit afvalhout (geverfd en gefineerd hout) als brandstof gebruikt. Normaliter wordt in deze biomassa energie centrale ca. 5 gew.% gedroogd granulaat van zuiveringsslib meegestookt. Dit zuiveringsslib bevat ca. 1 % (m/m) aan zwavel. Het is daarom van belang om te meten op momenten dat er gedroogd slib wordt bijgestookt, omdat de vorming van eventuele zwavelverbindingen het grootst is op momenten van bijstook van gedroogd slib.

ECN, thans TNO.ECN, heeft de metingen uitgevoerd. Dit betreft de metingen die voor onderhavig Ambience project zijn uitgevoerd. In **Bijlage 1** is het rapport bijgevoegd dat TNO.ECN daarover heeft opgesteld. De bevindingen worden in dit hoofdverslag kort samengevat.



Figuur 14, positie monsternamen punten Ambience & Ambition project

De analyses die zijn uitgevoerd en de monsters die zijn genomen op de verschillende monsternamenpunten worden weergegeven in onderstaande **tabel 4**. Voor SO_x bepaling is op meetpunt S3 alleen tijdens de meetcampagne op 28 augustus een monster genomen en geanalyseerd. Tijdens de meetcampagnes is 5-6 gew.% granulaat gevoed aan de biomassa energie centrale (BEC).

Het meetplan wordt in detail weergegeven in **Tabel 4**. Alle monsters worden in duplo genomen en geanalyseerd. De online monitorenset zal gedurende 1-4 uur de gassenstelling bepalen, afhankelijk van de waargenomen variaties in de gassenstelling. De bijbehorende monsternamenpunten zijn aangegeven in **Figuur 14**.

Nr	Component	Monstername & Analysemethode	Detectiegrens berekend ug/m3	Sample flow l/min	Sample tijd berekend min	Sample points					
						S1	S2	S3	S4	C1	R1
1	SOX	Wasfles met 3% H2O2 & Ion chromatografie - SO4 bepaling	10	3	33	X	X		X		
2	NO en NO2, CO, CO2 en O2	Online monitorenset	3 ppm	0,5-1	n.v.t.	X	X	X	X		
3	HCl en HF	Wasfles demiwater	10	3	33				X		
4	N2O en SO2	Offline, gaszak 10 liter & GC Petten	3 ppm	1	10	X	X	X	X		
5	C2-C6	Offline, gaszak 10 liter & GC-FID Petten	1	1	10				X		
6	MDEA & piperazine	Wasfles IPA & GCMS Amines	250	3	33			X	X	X	X
7	NH3	Wasfles 0,1 M HNO3 & NH4 detectie Amfia	10	3	33		X	X	X		
8	Aldehyden	DNPH cartridge & HPLC (kritisch capillair+pomp)	10	1	50			X	X		
9	Nitrosaminen	Thermosorb-N cartridge & GCMS (kritisch capillair+pomp)	0,4	1	50			X	X		X
10	Screening (semi)volatiles	Wasfles IPA & GC-MS screening (semi)volatiles	5000	3	33			X	X		X

Tabel 4, Meetplan voor meetcampagnes TNO.ECN

De volgende twee punten zijn van belang voor de uitvoering van een representatieve meetcampagne:

- In verband met de onderlinge vergelijkbaarheid van de meetcampagnes is het van belang dat er granulaat wordt meegestookt in de BEC een percentage dat overeenkomt met het jaargemiddelde.
- Er geen antischuimmiddel aan de MDEA is toegevoegd. De degradatieproducten in (vloeibare) MDEA monsters (monsternamepunt R-1) in de recycle stroom worden enkel gemeten indien er geen antischuimmiddel in het proces wordt gebruikt.

De monsters worden genomen met een 'probe' bestaande uit een RVS leiding met een inwendige diameter van 4 mm die via een 1/2" kogelkraan haaks op de stromingsrichting in de te bemonsteren gasstroom wordt gestoken, zie Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.5. De bemonsterde gasstroom wordt gekoeld tot 4 °C en met een pompkist door gasanalyseapparatuur, door wasflessen met vloeistof dan wel door cartridges met absorptiemiddel gezogen.

De vloeistof die wordt gebruikt in de wasflessen is evenals het absorptiemiddel dat wordt gebruikt in de cartridges afhankelijk van de te analyseren chemische verbinding. In beide gevallen worden zowel het totale gasdebiet dat door de wasflessen of de cartridges wordt geleid als de tijd waarin dit gebeurt gemeten.

Voor het uitvoeren van gasanalyses op het chemische laboratorium van TNO.ECN in Petten worden gaszakken gevuld. De gaszakken worden gevuld door ze op de uitlaat van de gasanalyse apparatuur aan te sluiten.



Figuur 15, Probe voor monstername (S3)

7.4 Werking monstername apparatuur verifiëren

De uitgevoerde analyses zijn gedeeltelijk gebaseerd op internationale normen voor het analyseren van verontreinigingen in rookgassen. Voor de analyse van amines en bijbehorende degradatieproducten zijn de meetmethoden bij TNO.ECN in Petten specifiek voor dit project ontwikkeld op basis van publiek toegankelijke kennis en kennis van leveranciers van apparatuur. Voor alle analyses en monsternames die specifiek voor het Ambience project zijn ontwikkeld is een eenvoudig validatieonderzoek uitgevoerd waarbij terugvindbaarheid van de component en de reproduceerbaarheid van de analyse zijn geverifieerd.

7.5 De pilot CO₂ afvang

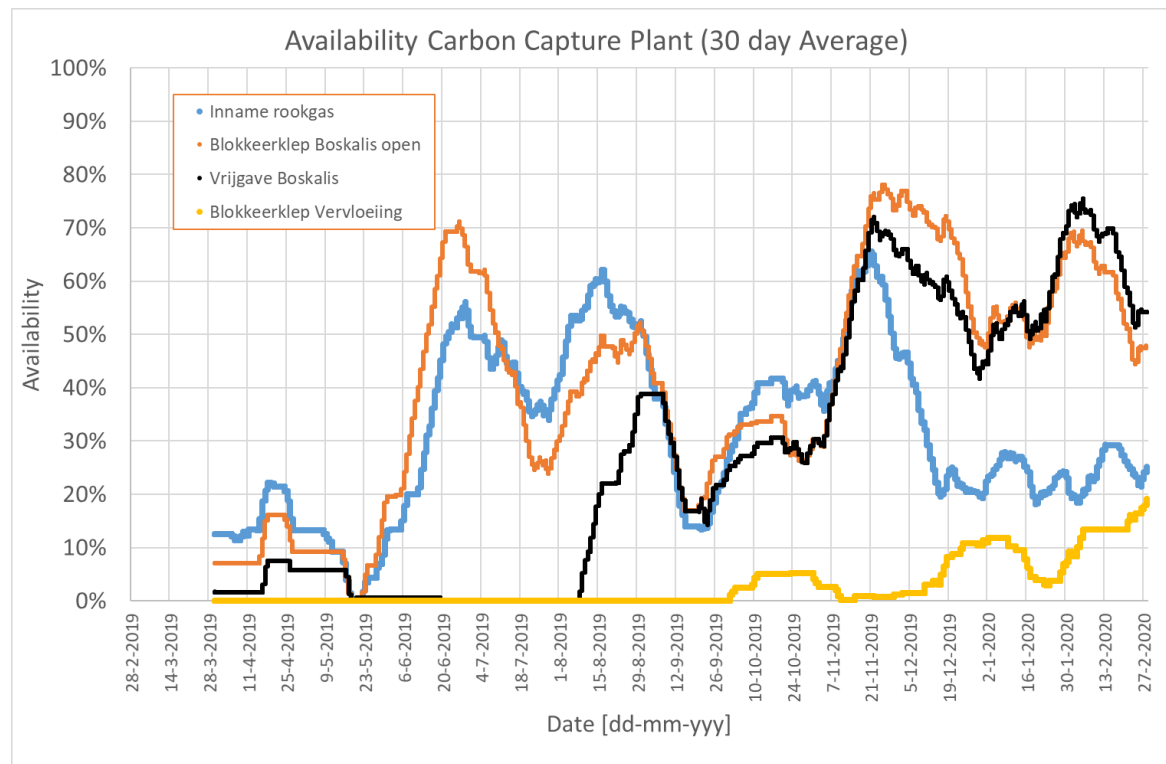
In oktober – november 2018 heeft de installatie gedurende een aantal dagen gedraaid. Gedurende deze dagen zijn door TNO.ECN metingen uitgevoerd conform het door RVO gesubsidieerde programma. Omdat de installatie op dat moment nog niet geheel automatisch draaide en er nog een aantal zaken in de automatisering moesten worden aangepast, is besloten om voor het vervolg eerst nog de benodigde wijzigingen en verbeteringen uit te voeren.

Aansluitend is in **december 2018** de installatie weer in bedrijf genomen maar helaas bleek dat er nog een onbalans zat in de amine kringloop. Dit werd veroorzaakt door een ophoping van een lucht / CO₂ mengsel in de amine pomp. Daardoor verpompt deze pomp onvoldoende en moest het systeem na verloop van tijd worden uitgeschakeld. Tevens is gebleken dat de pomp defect is geraakt en gerepareerd moet worden. Omdat het een specifieke pomp betreft, duurde reparatie daarvan langer duurt dan verwacht.

Daarbovenop is begin **februari 2019** de koelwaterkoeler bevroren en lek geraakt, het bleek dat abusievelijk geen antivries was gedoseerd in het koelwater van deze koeler. De koeler diende te worden hersteld. Omdat de koeler daarvoor moest worden gedemonteerd en afgevoerd t.b.v. de reparatie, heeft dit meerdere weken in beslag genomen.

In **maart 2019** is de afvang installatie wederom opgestart. **Half april 2019** is echter weer besloten om de installatie af te schakelen aangezien de vervloeiing nog niet gereed was en het zogeheten 300 uur proefbedrijf t.b.v. overname van de installatie door HVC diende te geschieden met vervloeiing in bedrijf (anders kan de afvang installatie niet op volle kracht draaien).

In **juni 2018** is er wederom gepoogd om meer bedrijfsuren te krijgen met de afvang installatie. In deze periode werden we geplaagd door haperende niveau regelingen in de DCC en absorber alsmede schuimvorming.



Figuur 16, Beschikbaarheid van de afvang en vervloeiing van de pilot plant HVC

7.6 Samenstelling rookgassen en kwaliteit CO₂

De meetgegevens van de gasvormige producten, meetpunten S1 t/m S4 zijn samengevat op **Tabel 5**

Gaseous Flows	S1	HVC				S2	S3				Cato	S4				Cato	
		7-nov-18	16-apr-19	27-aug-19	garantie		7-nov-18	16-apr-19	27-aug-19	garantie		7-nov-18	16-apr-19	27-aug-19	16-okt-19		garantie
		1	2	3			1	2	3			1	2	3	4		
Temp: [°C]	78,0	80,0	85,0	< 90	40	40	40	25,0	25,0	25,0	25,0	< 50	40	40	40	40	< 60
Flow Nm ³ /hr	2.160	2.520	3.240	> 1500	2.297	2.346	2.320	1.975	2.024	2.181	2.715		212	209	28	104	> 228
molair volume [liter]	29,2	29,3	29,7		26,0	26,0	26,0	24,8	24,8	24,8	24,8		26,0	26,0	26,0	26,0	
SOx [mg/Nm ³]	2,8	26,8	5,7	< 5	0,4	14,6	<0,2	N.A.	N.A.	0,4		< 5		2,5	<0,2		< 5
NO [mg/Nm ³ dry]	69,0	45,0	97,0	< 90	71,0	45,0	72,0	94,0	57,0	90,0		< 90		<3	<3		< 5
NO ₂ [mg/Nm ³ dry]	<1	4,0	2,7	< 10	<1	4,0	1,9	<1	4,0	1,8		< 10		<3	<3		< 5
CO [mg/Nm ³ dry]	21,0	8,0	29,0	< 25	15,0	8,0	26,0	30,0	17,0	31,0		< 25		N.D.	<3		< 10
CO ₂ [vol%, dry]	13,3	13,6	13,5	> 12	14,3	13,8	12,8	1,9	2,8	7,0	6,8	< 1,5		>88	>88		
O ₂ [vol%, dry]	5,5	6,5	6,4	< 6,4	5,5	6,2	5,8	7,8	8,0	7,2	7,7	< 6,4		0,2	0,01		<
H ₂ O [vol%]	20,5	19,0	19,8		8,6	8,6	8,6	6,1	6,9	8,4	7,1		10,0	6,5	5,8	7,4	
N ₂ O [mg/Nm ³]	48,2	19,4	84,0	< 27,5	48,3	35,6	58,0	55,3	65,4	75,0		< 27,5		1,9	7,0		<
SO ₂ [mg/Nm ³]	<1	<3	<3		<1	<3	<3	<1	<3	<3				<3	<3		
MDEA [µg/Nm ³]								<0,25	3,8	2,3	2,7		<0,25	0,6	0,8	1,2	< 5
Piperazine [µg/Nm ³]								<0,125	1,3	0,3	0,3		<0,125	<1	<0,03	<0,07	< 5
NH ₃ [mg/Nm ³]				< 5				0,8	3,1	5,4	2,5	< 5		3,2	<0,5	0,4	0,3
Formaldehyde [mg/Nm ³]								0,0005	<0,0001	<0,0001			<0,0001	<0,0001	<0,0001		< 2,5
Acetaldehyde [mg/Nm ³]								0,1330	0,0240	0,0139			0,4	1,1	0,7		< 2,5
F [mg/Nm ³]				< 0,5								< 0,5		<0,1	<0,2		
Cl [mg/Nm ³]				< 2,5								< 2,5		40,8	0,2		
H ₂ [vol%]														<0,05	<0,001	<0,005	
Ar + O ₂ [vol%]														0,3	0,2	0,3	
Ar [vol%]														0,1	0,2		
N ₂ [vol%]														1,3	0,7	1,0	
CH ₄ [vol%]														<0,001	<0,001		
CO [vol%]														<0,001	<0,001	<0,01	
CO ₂ [vol%]														97,7	94,6	96,1	> 99,9
CH ₄ [ppmv]														<0,5	<0,5		
C ₂ H ₆ [ppmv]														<0,5	<0,5		
C ₂ H ₄ [ppmv]														<0,5	<0,5		

Tabel 5, meetgegevens gas analyses pilot plant

In deze **tabel 5** vindt een toetsing plaats van de afgesproken (deels contractuele) waarden tussen HVC en CATO. Overschrijdingen zijn weergegeven in lichtrood gearceerde velden.

Uit de kolommen onder meetpunt **S1** blijkt dat de rookgassen van HVC voor een aantal componenten een hogere waarden hadden dan afgesproken. Anders gezegd: de input van de CO₂ afvang installatie voldeed niet in alle gevallen aan de afgesproken kwaliteit.

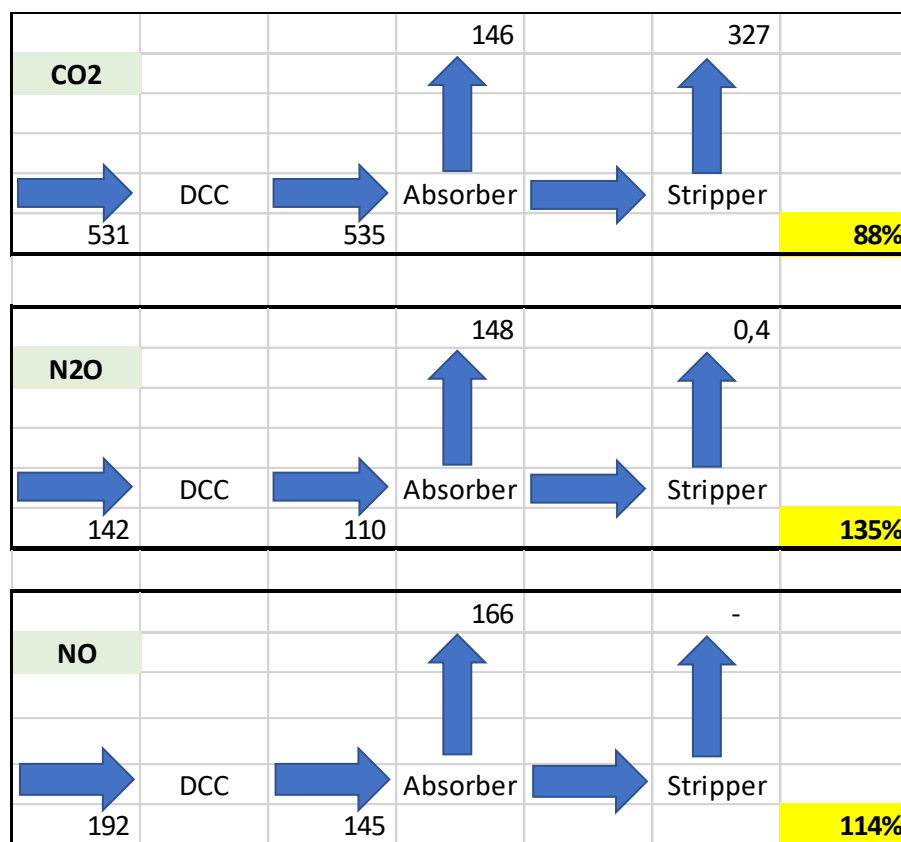
Na de Direct Contact Cooler (op meetpunt **S2**), waarbij ook natronloog wordt gebruikt om de laatste resten SO₂ te verwijderen, voldoet de gassamenstelling beter aan de normen die CATO heeft gesteld voor de inname kwaliteit voor rookgas. Echter, een hoge SO₂ waarde in het rookgas van HVC tijdens campagne 2 wordt niet helemaal gecorrigeerd door de DCC. Ook het gehalte aan lachgas blijft hoog.

De gasstroom uit de absorptiekolom (S3) is in theorie voornamelijk een rookgasstroom zoals die op S2 is gemeten, maar dan enigszins geconcentreerd omdat de CO₂ uit dit rookgas is verwijderd. In de praktijk van deze experimenten blijkt er nog redelijk veel CO₂ in dit afgas van de absorber te zitten. Verder blijkt het lachgas voornamelijk niet opgenomen te worden in de amine, maar gaat dit met de andere rookgassen de absorber uit.

Verder zien we met name op meetpunt S3 wat oplosmiddel (MDEA, Piperazine) verdampen. Van de afbraakproducten van deze oplosmiddelen waren alleen ammoniak en Acetaldehyde aantoonbaar in de gasfase.

De kwaliteit van het CO₂, zoals gemeten op punt S4, blijkt aan alle waarden te voldoen wat betreft de toelaatbare verontreinigingen, echter de bereikte eindconcentratie van CO₂ is iets te laag doordat permanente gassen zoals stikstof nog in het CO₂ voorkomen.

Voor een aantal componenten is gepoogd om een massabalans op te stellen om zo enig gevoel te krijgen voor de betrouwbaarheid van de hier gepresenteerde meetresultaten in combinatie met de gemeten en berekende massa stromen. Deze flows zijn zeer waarschijnlijk de zwakke schakel in de betrouwbaarheid (vooral de CO₂ flow van campagne 3 is onjuist door een probleem met de afzuigventilator en daarom buiten beschouwing gelaten). De massa balansen zijn als volgt:



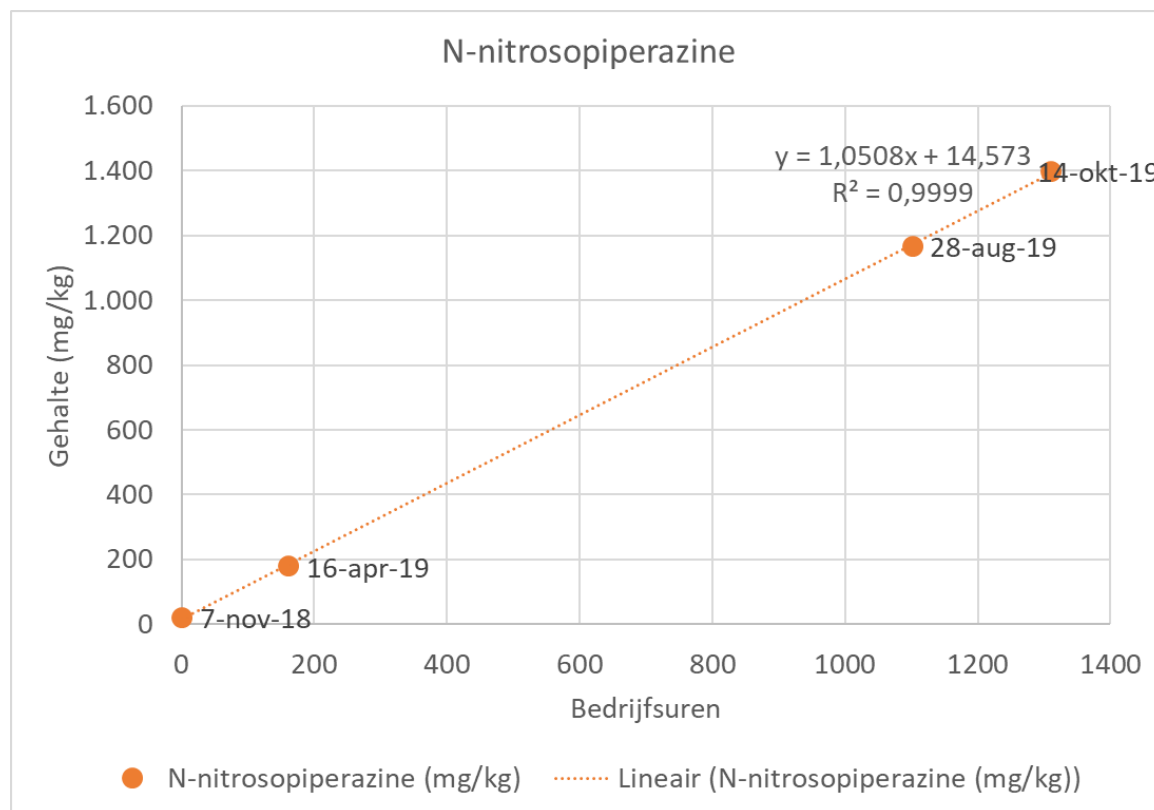
Figuur 17, Massabalans van enkele componenten

7.7 Degradatieproducten in het amine oplosmiddel

Uit de literatuur is bekend dat het gebruik van amines, als absorptiemiddel voor CO₂ verwijdering uit rookgas, kan leiden tot de vorming van nitrosamines. Nitrosamines kunnen een carcinogene werking hebben en emissie van deze verbindingen is derhalve ongewenst.

Een uitgebreide analyse van het oplosmiddel is opgenomen in het TNO.ECN rapport van **Bijlage 1**. Voor alle gemeten nitroso-amines zijn de gemeten concentraties zowel in het rookgas als in de CO₂ rijke productstroom voor alle uitgevoerde meetcampagnes onder de detectiegrens (<0,5 µg/Nm³). In het gebruikte absorptiemiddel zijn enkel voor N-Nitroso-piperazine concentraties boven de detectiegrens gemeten, voor alle andere nitrosamines liggen de gemeten concentraties onder de

detectiegrens (<500 mg/kg). Voor N-Nitroso-piperazine stijgt de gemeten concentratie in het vloeibare absorptiemiddel lineair met de bedrijfstijd van de CO₂ afvang installatie.



Figuur 18, Toename van het belangrijkste reactieproduct van PZ als functie van draaiuren

Vastgesteld is ook dat het oplosmiddel in de loop der tijd enigszins verkleurt: van kleurloos naar lichtgeel.

7.8 Analyse resultaten afvang t.b.v. glastuinbouw

Het gasvormige CO₂ komt vrij uit de regeneratorkolom. De kwaliteit van dit gasvormige CO₂ is vergeleken met de garantiewaarden van de leverancier van de afvang installatie. Tevens is een vergelijking gemaakt met de min of meer reguliere normen voor OCAP voor CO₂ dat aan glastuinders wordt geleverd.

Let wel: met deze vergelijking leggen we de worst-case (gasvormig CO₂ voorafgaand aan vervloeiing) naast de normen voor het eindproduct dat in vloeibare vorm geleverd zal worden. Bekend is namelijk dat de vervloeiing ook diverse fysische zuiveringsstappen in zich heeft. Zo is er niet alleen sprake van de verwijdering van permanente gassen (stikstof, zuurstof) uit het CO₂, maar het reboiling principe dat hierbij wordt gebruikt verwijdert ook zwaardere componenten die genoemd worden in de onderstaande **Tabel 6**.

Uit **Tabel 6** blijkt dat aan alle eisen voldaan wordt die OCAP normaliter stelt voor levering aan de glastuinbouw, m.u.v. zuurstof gehalte en watergehalte. Dit is geen probleem omdat de vervloeiing een uitgebreide dubbele droogstap heeft (drogen door koelen en als 'polishing' stap een absorptiedroger). En zoals gemeld verwijdert het vervloeiingsproces ook (o.a.) het permanente gas zuurstof.

Gaseous Flows		S4				Cato	OCAP
Grootheid	Eenheid	7-nov-18	16-apr-19	27-aug-19	16-okt-19	garantie	eis (ppm v/v)
		1	2	3	4		
Temp:	[°C]	40	40	40	40	< 60	<
Flow	Nm3/hr	212	209	28	104	> 228	>
<i>molair volume</i>	[liter]	26,0	26,0	26,0	26,0		
SOx	[mg/Nm3]		2,5	<0,2		< 5	< 0,2
NO	[mg/Nm3 dry]		<3	<3		< 5	< 2,5
NO2	[mg/Nm3 dry]		<3	<3		< 5	< 2,5
CO	[mg/Nm3 dry]		N.D.	<3		< 10	< 10
CO2	[vol%, dry]		>88	>88			
O2	[vol%, dry]		0,2	0,01		<	< 30
H2O	[vol%]	10,0	6,5	5,8	7,4		< 20
N2O	[mg/Nm3]		1,9	7,0		<	<
SO2	[mg/Nm3]		<3	<3			
MDEA	[µg/Nm3]	<0,25	0,6	0,8	1,2	< 5	
Piperazine	[µg/Nm3]	<0,125	<1	< 0,03	< 0,07	< 5	
NH3	[mg/Nm3]	3,2	<0,5	0,4	0,3		< 2,5
Formaldehyde	[mg/Nm3]	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001		< 2,5	
Acetaldehyde	[mg/Nm3]	0,4	1,1	0,7		< 2,5	< 0,2
F ⁻	[mg/Nm3]		<0,1	<0,2			<
Cl ⁻	[mg/Nm3]		40,8	0,2			<
H2	[vol%]		<0,05	<0,001	<0,005		
Ar + O2	[vol%]		0,3	0,2	0,3		
Ar	[vol%]		0,1	0,2			
N2	[vol%]		1,3	0,7	1,0		100
CH4	[vol%]		<0,001	<0,001			
CO	[vol%]		<0,001	<0,001	<0,01		
CO2	[vol%]		97,7	94,6	96,1	> 99,9	> 99,9
CH4	[ppmv]		<0,5	<0,5			< 25
C2H6	[ppmv]		<0,5	<0,5			< 25
C2H4	[ppmv]		<0,5	<0,5			< 1

Tabel 6, toetsing aan garantie en productwaarden

8 Pilot CO₂ hergebruik

8.1 Analyse samenstelling en kwaliteit CO₂

In het kader van het Ambition project zijn twee meetcampagnes door TNO.ECN bij HVC in Alkmaar uitgevoerd, op 16 april 2019 resp. 28 augustus 2019. Aangezien de CO₂ vervloeiing tijdens het Ambition project nog niet operationeel was, is besloten de metingen aan de voeding van de vervloeiing te herhalen. De resultaten hiervan zijn samengevat in onderstaande **Tabel 7**.

	April 2019				Augustus 2019			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
On-line gasanalyses								
NO(mg/Nm ³ dry gas)	45	45	57	<3	97	72	90	<3
NO ₂ (mg/Nm ³ dry gas)	4	4	4	<3	2,7	1,9	1,8	<3
CO (mg/Nm ³ dry gas)	8	8	17	N.D.	29	26	31	N.D.
CO ₂ (vol.% dry gas)	13,6	13,8	2,8	>88	13,5	12,8	7	>88
O ₂ (vol.% dry gas)	6,5	6,2	8	0,2	6,4	5,8	7,2	<0,01
Off-line analyse vloeistofmonsters								
NH ₃ (mg/Nm ³)	7,3	0,99	3,1	<0,5	1,5	0,24	5,4	0,45
F- (mg/Nm ³)				<0,1				<0,2
Cl- (mg/Nm ³)				41				0,2
SO _x (mg/Nm ³)	26,8	14,6		2,45	3,82	<0,2	0,44	<0,2
Off-line gasanalyse								
H ₂ O (vol.%)			6,4	7			8,4	5,8
N ₂ O (mg/Nm ³ dry gas)	12	29	51	2	84	58	75	7
SO ₂ (mg/Nm ³ dry gas)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
H ₂ (vol.%)				<0,05				<0,001
Ar+O ₂ (vol.%)				0,25				0,24
N ₂ (vol.%)				1,3				0,75
CH ₄ (vol.%)				<0,001				<0,001
CO (vol.%)				<0,001				<0,001
CO ₂ (vol.%)				98				95
Koolwaterstoffen (ppmv)				<0,5				<0,5

Tabel 7, samenvatting resultaten meetcampagnes

De ingaande CO₂ concentratie in het rookgas (meetpunt S1) was tijdens beide meetcampagnes nagenoeg gelijk, circa 13,5-13,6 vol.%. Opmerkelijk is dat de CO₂ concentratie na de koeler (meetpunt S2) bij de meetcampagne in augustus 2019 enigszins verlaagd is ten opzichte van de meetcampagne in april 2019, 12,8 versus 13,8 vol.%. De pH van het gebruikte water dat in de koeler wordt gespreid kan hierbij een rol spelen.

De CO₂ concentratie in het rookgas dat de CO₂-absorber (meetpunt S3) verlaat was in april 2,8 vol.% en augustus 7,0 vol.%. Het omgekeerde effect is te zien in de CO₂-concentratie van het gas dat de regenerator verlaat (meetpunt S4): tijdens de meetcampagne in april was de concentratie 98 vol.% terwijl dit in augustus 95 vol.% was. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door zowel verschillen in de gasdebieten door de installatie als door veranderingen die zijn opgetreden in het gebruikte amine absorptiemiddel.

De concentraties van verontreinigingen die in het ingaande rookgas (meetpunt S1) zijn gemeten laten een wisselend beeld zien. Voor NO, CO en N₂O waren die tijdens de meetcampagne in augustus hoger dan tijdens de meetcampagne in april, voor NO₂, NH₃ en SO_x geldt het omgekeerde.

De concentraties van verontreinigingen in het CO₂ gas dat de regenerator (stripper) verlaat (meetpunt S4) zijn cruciaal voor de kwaliteit van de geleverde CO₂. In de reinigingsstap die in de vervloeiingsstap is opgenomen, zullen concentraties van aanwezige verontreinigingen waarschijnlijk nog verder verlaagd worden. De metingen op punt S4 kunnen derhalve als een 'worst-case' benadering worden beschouwd voor de kwaliteit van de CO₂ die uiteindelijk aan eindgebruikers wordt geleverd.

Voor de in **Tabel 6 en 7** vermelde koolwaterstoffen is het gas geanalyseerd op 29 afzonderlijke koolwaterstoffen (C1-C6). Voor alle deze individuele koolwaterstoffen was de gemeten concentratie onder de detectiegrens van 0,5 ppmv. Voor de complete lijst van geanalyseerde koolwaterstoffen verwijzen we naar het TNO.ECN rapport.

Voor NO, NO₂, CO, SO₂ en fluoride lag de gemeten concentratie op meetpunt S4 bij beide meetcampagnes onder de detectiegrens van de gebruikt analysemethode. Voor N₂O, NH₃, chloride en SO_x is tenminste tijdens één van beide of beide meetcampagnes een concentratie boven de detectiegrens gemeten. Voor chloride en SO_x lagen de in april gemeten concentraties op meetpunt S4 beduidend hoger dan in augustus.

8.2 Protocol kwaliteitsbeheersing CO₂

Met de beoogde afnemer van de CO₂ is afgesproken dat HVC een systeem hanteert van kwaliteitsbeheersing van de rookgassen die de voeding vormen van de CO₂ afvang installatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van bestaande metingen op de rookgassen van HVC. De basis hiervoor vormen de emissie eisen van de Biomassacentrale. Om te bewijzen dat HVC voldoet aan deze vergunde emissie eisen vinden er van oudsher al zowel continue emissiemetingen plaats (onder regie van HVC).

CONTINU					
Grenswaarden rookgas emissies BEC					
Gemiddelde:	Activiteiten besluit			Vergunning	
	dag	halfuur	10 min.	Maand	Jaar
	[mg/Nm ³]	[mg/Nm ³]	[mg/Nm ³]	[mg/Nm ³]	[mg/Nm ³]
NO _x	180	180	-	70	70
NH ₃	5	5	-	-	-
CO	30	-	150	-	20
SO ₂	40	40	-	-	10
C _x H _y	10	10	-	-	1
stof	5	5	-	-	1

Tabel 8, emissiegrenswaarden voor continue emissiemetingen

Daarnaast analyseert een onafhankelijke meet instituut tweemaal per jaar de rookgas kwaliteit en toets daarbij aan de volgende componenten:

DISCONTINU			
Grenswaarden rookgas emissies BEC (Activiteitenbesluit)			
Gemiddelde:	dag	halfuur	
	[mg/Nm ³]	[mg/Nm ³]	
NH3	Gemeten	Gemeten	
N2O	Gemeten	Gemeten	
SO2	40	40	
HCl	8	8	
HF	1	1	
Hg	0,05	-	
PCDD/PCDF	0,1 ng	-	

Tabel 9, emissiegrenswaarden voor discontinue emissiemetingen

In overleg met de afnemer is afgesproken dat ingeval van bijzondere bedrijfssituaties (die meestal optreden bij storingen in de verbranding of in de rookgasreiniging) er zoveel mogelijk voorkomen wordt dat de rookgassen die op dat moment ontstaan ingenomen worden voor de CO₂ afvang en vervloeiing. De inname van rookgas wordt automatisch gestopt zodra aan één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

AFSCHAKELEN CAPTURE: KKS_CODE	OMSCHRIJVING	WAARDE
5HTT10CL001_XH03	(noodbad EWK)	>90%
5HTS60CL001_XH04	(niveau Quench)	<15%
5HTS70CL001_XH04	(niveau NaOH)	<10%
5HTS90CL001_XH04	(niveau absorbertank)	<15%
5HNA95CT001_GRD	XH03 (temp rookgas na E filter)	>95
5HNE10CQ007_XH01	(NO _x)	>100 mg/Nm ³ 300 sec vertraagd
5HNE10CQ002_XH03	(SO ₂)	>50 mg/Nm ³ 4 uur vertraagd
5GHC30CL001_XH54	(niveau suppletiewater)	<12%
5CHF01EZ301_XA37	(keteltrip)	WAAR
5LCM70CL001_XH03	(niveau condensaat)	>75%

Tabel 10, criteria voor afschakelen rookgas inname capture plant

8.3 Aanleg koppeling CO₂-afvanginstallatie – BAWI

Het geproduceerde CO₂ gas voor de BAWI en de vervloeiing komt na afkoelen eerst in een gasbuffer in de vorm van een gaszak. De gaszak vormt een fysieke buffer van CO₂ gas tussen de afvang installatie en de afnemers. De aanwezigheid van een fysieke buffer maakt het software matig afregelen van de twee installaties (afvang en gebruikers) minder kritisch. De opslagcapaciteit is effectief ca. 10 minuten productie.

Vanuit de gaszak (vlak onder het dak van het rookgasreinigingsgebouw, op ca. 20 meter hoogte) loopt een verticale leiding naar de begane grond alwaar onder de weg door een leiding is gelegd naar een twee-weg schakelpunt waar het CO₂ gas verdeeld wordt over de vervloeiingsinstallatie en de WASH installatie (soda vervanging).



Figuur 19, Afvang installatie, CO₂ buffer gaszak op 5e verdieping RGR gebouw BEC

Tussen de CO₂ installatie en de diffusor (brengt CO₂ in oplossing) van de BAWI worden 3 signalen uitgewisseld:

- Potentiaalvrij contact van WASH wanneer CO₂ geleverd kan worden (closed als levering nodig);
- Potentiaalvrij contact van HVC wanneer CO₂ beschikbaar is (closed als beschikbaar);
- 4-20 mA door WASH aan te geven hoeveel CO₂ gebracht moet worden: Bij 4 mA minimale aanvoer, bij 20 mA maximale aanvoer

Hiertoe is een kabel aangebracht vanuit de CO₂ installatie naar de waterzuivering van WASH.

8.4 Aanleg en werking CO₂-oplosinstallatie

Kooldioxide wordt direct in de waterstroom (circa 110 m³/h) ingebracht. Dit kan niet met een klassieke openbeluchtingsopstelling omdat dan een gedeelte van de CO₂ zou ontsnappen naar de atmosfeer. Er is dan ook gekozen voor een gesloten diffusor (zie ook **Figuur 20**), die als volgt is ingebouwd en functioneert :

- Middels een ventilator wordt CO₂ naar WASH gebracht worden. De aanvoerleiding zal deels ondergronds en deels bovengronds aangebracht worden maar zal in zijn geheel onder afschot richting de ventilator worden gebracht. Op deze 125 mm HDPE leiding wordt een 1" drain leiding aangebracht richting de drainput van de CO₂ installatie;
- Voor het huidige coagulatievat wordt een gesloten staande tank geplaatst;

- Deze tank wordt aan de onderzijde aangesloten op het coagulatie vat;
- Het influent vanuit het proces wordt aan de bovenzijde in deze tank gebracht en zal via de onder aansluiting naar de coagulatie tank lopen;
- In de ruimte boven het vloeistof zal door HVC CO₂ gas aangeboden worden met een geringe overdruk. Met een blower zal dit gas onder in de tank, middels een diffuser, ingebracht worden in het water. Niet opgenomen CO₂ zal op deze wijze weer opgevangen worden en opnieuw worden ingebracht. De overdruk in de tank zal via een waterslot beveiligd zijn;
- Omdat vooraf niet bekend was of het water nog zal ontgassen (stikstof, zuurstof) zal periodiek het gas boven de vloeistof afgeblazen worden zodat zeker is dat het CO₂ gehalte in dit gas hoog is;
- In het proces zal een pH meter opgenomen worden zodat bij een daling beneden pH 10 het gasdebiet over de diffuser gereduceerd kan worden;
- Indien de CO₂ aanvoer wegvalt zal de sodadosering weer normaal in gebruik genomen worden;



Figuur 20, diffuser tank voor het oplossen van de CO₂ in BAWI water

8.5 Valideren oplossen van CO₂ in water

Het doseren van CO₂ heeft geen problemen opgeleverd wat betreft verstoppingen door het zich vormende CaCO₃ (ketelsteen). Het gebruik van een rubberen, flexibele, diffusor mat heeft hier klaarblijkelijk bij geholpen.

We zijn er problemen gerezen doordat frequent de CO₂ flow dusdanig hoog was dat het waterslot uit de oplos installatie werd geblazen. Na zo'n moment is er dan een open verbinding tussen het CO₂ en de buitenlucht waardoor veel CO₂ ontsnapt. Indirect gevolg was dat er te weinig CO₂ overblijft om de vervloeiing installatie in bedrijf te houden. De oplossing van dit probleem bleek de plaatsing van een druksensor in het oplosvat i.p.v. overloop ventiel via waterslot. De ventilator voor de CO₂ toevoer kan nu terug toeren bij oplopende druk in het oplosvat.

Er treedt een pH daling op van pH 12,7 naar pH 12,1 door de CO₂ dosering. In het vooronderzoek is in het lab een veel grotere pH daling te bereiken, vermoedelijk door een langere verblijftijd. In de praktijk blijkt een oplos snelheid van 50-60 kg CO₂ per uur haalbaar.

8.6 Vervanging Soda, efficiëntie proces

Dosering van soda beoogt het verlagen van het Ca gehalte in het water voordat dit in de Omgekeerde Osmose wordt gezuiverd. Doel is een Ca gehalte dat lager is dan 50 mg/L en de membranen in de omgekeerde osmose behoed worden voor verstopping.

Het blijkt echter dat met CO₂ dosering het Ca gehalte niet lager wordt dan 200-250 mg/L. In de praktijk betekent dit dat zowel de CO₂ dosering als (na) dosering van soda in bedrijf is gebleven. Weliswaar is er geen besparing in soda gebruik bereikt, maar de pH verlaging die de dosering van CO₂ bewerkstelligt is wel erg nuttig gebleven.

De dosering van het ijzerchloride kon namelijk wel worden uitgezet. IJzerchloride is ook een zuur dat naast de primaire functie van vlokvorming ook de pH verlaagt. De vlokvorming blijkt zich voldoende snel te ontwikkelen met CO₂ en soda.

Voordat CO₂ dosering werd ingezet verbruikte de WASH installatie op jaarbasis ca. € 25.000 aan ijzerchloride.

Ook verbruikt de CO₂ installatie veel minder salpeterzuur doordat CO₂ al de pH verlaagt. Salpeterzuur wordt ingezet om de pH te verlagen van het water voordat het de omgekeerde osmose ingaat.

Het salpeterzuur verbruik was € 200.000 per jaar. Salpeterzuur (HNO₃) is ca. twee jaar geleden geïntroduceerd om zoutzuur te vervangen, dit vanwege de grote chloride last in het hele was-systeem en de problemen die dit opleverde voor het behalen van de chloride norm voor gewassen bodemas.

9 Business case

9.1 Actualisatie van de Business Case

Voorafgaand aan de beslissing om een pilot plant te realiseren voor CO₂ afvang en vervloeiing, heeft HVC een business case opgesteld. Deze business case dateert van eind 2017 en had de kentallen zoals vermeld in kolom 2 van **Tabel 11**:

	Raming eind 2017	Realisatie eind 2019
Netto investering HVC:	1,86 M€	1,96 M€
Bouwtijd	9 maanden	20 maanden
Aanlooptijd capture:	mid 2018 – mid 2019 50% beschikbaarheid	4 ^e kw 2018 – 3 ^e kw. 2019 15% beschikbaarheid
Aanlooptijd vervloeiing:	1 ^e kw 2019 – mid 2019 50% beschikbaarheid	mid 2019 – eind 2019 10% beschikbaarheid
Looptijd business case:	12 jaar	12 jaar
NCW investering:	-0,59 M€	-0.90 M€
IRR:	0,0%	-3,9%

Tabel 11, kentallen business case, oorspronkelijk en actueel

Inmiddels zijn we twee jaar verder, is de installatie gebouwd, de afvang is operationeel en de vervloeiing gaat in proefbedrijf. De vergunning aanvraag, subsidie toekenning, opdrachtverlening, levering en in bedrijfstelling hebben alle langer geduurd dan gepland.

Wat vooral in 2019 tegenviel was het inbedrijf stellen van de carbon capture plant in een bestaande installatie (de BEC zelf) wat tal van triviale problemen opleverde die elk hun vertraging genereerden. Het gevolg hiervan laat zich ook gelden in de business case: het netto contant zo belangrijke eerste productiejaar is grotendeels verloren gegaan.

Positief in de business case is dat de verkoop prijs van het vloeibaar CO₂ in de meest recente versie uitgaat van € 45 per ton. Dit is 50% hoger dan eind 2017 (€ 30 per ton), en is het gevolg van twee opeenvolgende zomers waarin tuinders deels geen CO₂ konden krijgen – of niet in voldoende mate – en de voortschrijdende implementatie van geothermie en restwarmte bij de glastuinbouw in Noord-Holland.

9.2 Toekomstige externe factoren op de Business Case

Op dit moment is de afvang en vervloeiing installatie geënt op de Biomassa Centrale van HVC. Met een relatief geringe investering (ca. 100 k€) is het mogelijk om een rookgaskanaal van lijn 4 van de AfvalEnergieCentrale te trekken en daarvan rookgas te betrekken.

De business case kan dan verbeteren doordat op twee mogelijke manieren een belasting teruggaaf kan worden verkregen (ingeval van rookgas van de Afvalcentrale):

Wbm belasting

Dit betreft een belasting welke geheven wordt op afval dat verbrand wordt en bedraagt inmiddels ruim € 30 per ton. Echter, bestaat een zogeheten in-uit methode waarbij belasting kan worden teruggevraagd indien producten na verbranding worden gerecycled of nuttig worden toegepast. Momenteel geldt dit al

voor resp. metalen en bodemas. Een collega bedrijf heeft dit principe ook aangekaart bij de inspecteur der belastingen en diens reactie was dat het koolstof uit de koolstofdioxide (12/44 deel van het gewicht) mogelijk in aanmerking komt voor de in-uit methode. Dit zou praktisch betekenen dat de inkomsten uit de geleverde CO₂ kunnen oplopen met ca. $12/44 \cdot 32 = \text{€ } 8,73$ per ton.

CO₂ belasting

Medio 2019 is door het Kabinet een CO₂ belasting aangekondigd voor Afvalverbranders van € 30 ton fossiele CO₂ in 2021 en lineair oplopend naar € 150 in 2030. Het CO₂ uit een afvalverbrander van huishoudelijk en vergelijkbaar afval bestaat voor grofweg 1/3 deel uit fossiel CO₂.

WEcR heeft onlangs becijferd dat in de twee zomerkwartalen extern geleverde CO₂ bij een tuinder een reductiefactor heeft van 0,95. Dit komt doordat de tuinder dan de zogeheten zomerstook achterwege kan laten. Zomerstook is het verbranden van aardgas met als primair doel CO₂ maken. In de winter is dit effect vrijwel afwezig doordat dan het primair doel van aardgas stook de warmtevraag van de tuinder is.

Beide factoren samen leiden ertoe dat over het gehele kalenderjaar betrokken de levering van 1 ton CO₂ aan de glastuinbouw een emissiereductie van $1 / 3 \times 0,95 / 2 = 0,16$ ton fossiel CO₂. Dit zou tot een teruggaaf van emissiebelasting leiden van € 4,75 in 2021, oplopend naar € 23,75 in 2030.

Indien we beide belastingteruggaven inprijzen in de business case, inclusief een aanvullende investering van ca. k€ 100 dan wordt de IRR 0,8% en de NVW -0,59 M€.

10 Kennisdeling

10.1 Publicatie van de resultaten

Tot op heden zijn de volgende publicaties en presentaties verzorgd aangaande de combinatie van de AMBIENCE (afvang) en AMBITION (vervloeiing) fases van deze pilot plant.

- **'Bio-CO₂'**, publicatie in het blad P+ People Planet Profit, 30 juni 2018
- **'CO₂ capture at HVC'**, presentatie tijdens Meeting CCU/-S in WtE, 21 september, 2018, Bilbao.
- **'CO₂ capture at HVC'**, presentatie op de CATO Conference 'CATO meets the projects', 4 december 2018, Utrecht.
- **'Carbon Capture at a CFB wood fired Boiler'**, presentatie op het 5th International VDI Conference 'Energy and Materials from Waste', 10 april 2019, Antwerpen.
- **'CO₂ bij HVC'**, presentatie op jaarlijks HVC congres, 26 september 2019
- **'End-of-Pipe of WtE: Bottom Ash & CO₂'**, presentatie op Prewin Conference, 17 oktober 2019, Alkmaar

10.2 Maatschappelijke acceptatie van LCO₂ van BECs verhogen

De volgende acties heeft HVC ondernomen om de maatschappelijke acceptatie voor LCO₂ van BECs te verhogen:

- **'Glastuinders Noord-Holland gaan tomaten voeden met BIO-CO₂ van HVC'**, persbericht HVC, 31 mei 2018.
- **'Bio-CO₂'**, publicatie in het blad P+ People Planet Profit, 30 juni 2018.

Een presentatie van de voortgang en resultaten voor beleidsmakers en stakeholders is gegeven tijdens een halfjaarlijkse bijeenkomst van CATO.

- **'CO₂ capture at HVC'**, presentatie op de CATO Conference 'CATO meets the projects', 4 december 2018, Utrecht.

Een presentatie van de voortgang en resultaten is gegeven voor de 'jongeren groep' (management trainees) van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied.

- **'CO₂ afvangpilot + vervloeiing'**, presentatie bij HVC, 27 februari 2020, Alkmaar.

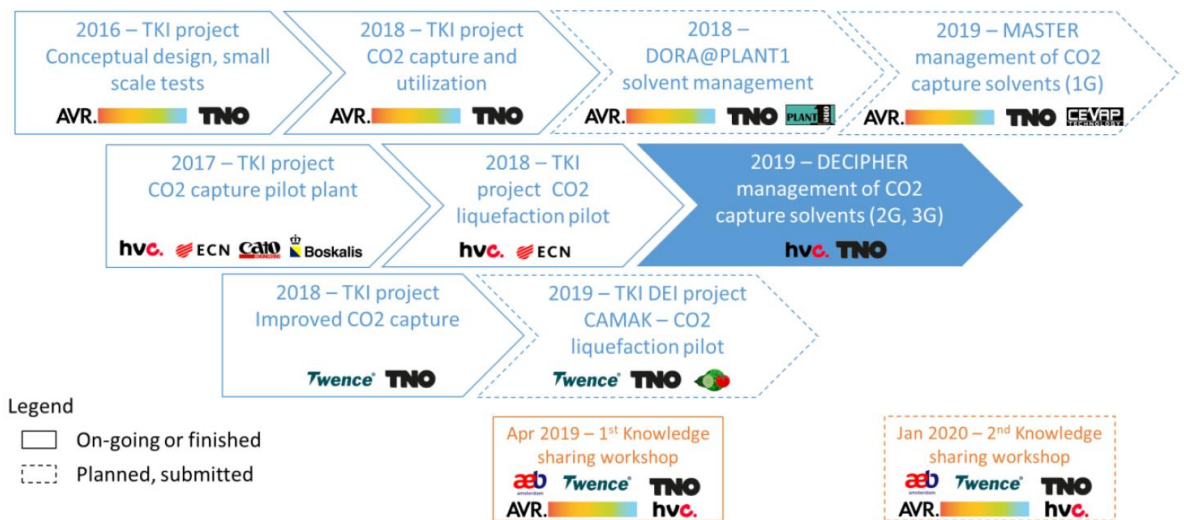
Tenslotte zij opgemerkt dat als gevolg van AMBIENCE, AMBITION en AMAZING (alle drie door gesubsidieerde project door de Nederlandse Rijksoverheid) een Milieu effect rapport en vergunning aanvraag is opgesteld voor een grootschalige (15 ton/uur) demo installatie in Alkmaar. Deze aanvraag is in januari 2020 ingediend bij het bevoegd gezag, en de inspraak mogelijkheden dragen bij aan bewustwording bij het grotere publiek van deze ontwikkeling, en hopelijk ook tot acceptatie daarvan.

10.3 Er is een pilot plant in Nederland aanwezig voor testen

De installatie is gerealiseerd en is inmiddels in bedrijf. HVC wil deze installatie in bedrijf houden gedurende de geplande levensduur van de biomassa centrale. Deze economische levensduur is gekoppeld aan de SDE+ subsidie van deze installatie en loopt tot en met 2030.

Inmiddels heeft dit geleid tot een tweetal leads wat betreft testen met een ander solvent:

- DECIPHER project met TNO Delft.
TNO Delft heeft een subsidie aangevraagd (en verkregen volgens de informele berichten) om gedurende drie jaar metingen uit te voeren aan de pilot installatie van HVC. Dit zogeheten DECIPHER programma past in een groter geheel van projecten in Nederland om CCUS verder te ontwikkelen en te implementeren.



In dit programma is o.a. opgenomen dat:

- Er na twee jaar een derde generatie solvent wordt gebruikt in de pilot plant om daarvan vast te stellen wat de baten zijn in termen van verminderd energieverbruik per ton afgevangen CO₂ en de kwaliteit van de resulterende CO₂ arme rookgassen en het resulterende CO₂ gas.
- Er zal een DORA (Dissolved Oxygen Removal Apparatus) installatie worden geïnstalleerd, die tot doel heeft om het gehalte opgelost zuurstof in de amine oplossing te verminderen en zo ook de degradatie van dit amine te verlagen.

- Er zal een door TNO ontwikkeld ChemCube worden ingezet die online de kwaliteit van het amine solvent monitored. In combinatie met emissiemetingen aan CO₂ arm rookgas en het CO₂ productgas zullen relaties worden ontdekt tussen solvent kwaliteit en gaskwaliteit en afvangstrendement.
- Contact met Darel
Darel heeft contact opgenomen met HVC om – ondersteund door Carbon Clean Solutions Limited uit Londen – om de capaciteit van de Carbon Capture installatie te verhogen. Enerzijds door een energie-zuiniger solvent te gaan gebruiken en anderzijds door de absorptiekolom van de capture unit te verhogen.

In 2020 beziet HVC of dit is in te passen in het DECIPHER programma en of de vereiste investeringen in vergroting van de absorptiekolom economisch zinvol zijn.

BIJLAGE 3 OCAP-NORM

De zogeheten OCAP-lijst is een privaatrechtelijke norm die historisch gegroeid is, voornamelijk op basis van CO₂-afvangst bij vergistingsprocessen. Veel stoffen in de OCAP-lijst moeten dan ook door deze bril gezien worden: zij kunnen mogelijk ontstaan tijdens vergisting en mogelijk een probleem veroorzaken voor mens en plant in de kas. Etheen, een stresshormoon voor planten, is hier een sprekend voorbeeld van.

De onderstaande specificatie is opgenomen in het contract tussen HVC en OCAP voor de afname van de vloeibare CO₂.

Component	Norm
Koolstofdioxide (CO ₂)	99,9% v/v min.
Water (H ₂ O)	20 ppm v/v max.
Stikstof (N ₂)	100 ppm v/v max.
Zuurstof (O ₂)	30 ppm v/v max.
Stikstofmonoxide (NO)	2,5 ppm v/v max.
Stikstofdioxide (NO ₂)	2,5 ppm v/v max.
Ammonia (NH ₃)	2,5 ppm v/v max.
Totaal vluchtige koolwaterstoffen (als methaan gemeten)	50 ppm v/v max.
Totaal aromatische koolwaterstoffen	0,1 ppm v/v max.
Etheen (C ₂ H ₄)	1 ppm v/v max.
Benzeen (C ₆ H ₆)	0,02 ppm v/v max.
Acetaldehyde (CH ₃ CHO) en ethylacetaat (C ₄ H ₈ O ₂) samen	0,2 ppm v/v max.
Koolmonoxide (CO)	10 ppm v/v max.
Methanol (CH ₃ OH)	10 ppm v/v max.
Ethanol (C ₂ H ₆ O)	1 ppm v/v max.
Totaal zwavel (als S)	0,1 ppm v/v max.
Waterstofcyanide (HCN)	0,5 ppm v/v max.
Niet vluchtig residu (deeltjes)	10 ppm w/w max.
Niet vluchtig organisch residu (olie en vet)	5 ppm w/w max.

In het geval van HVC is de bron van CO₂ rookgas met potentieel andere verontreinigingen dan bij vergisting, denk daarbij aan SO₂, NO_x, lachgas, etc. Hierop wordt reeds getoetst middels de bestaande emissiepunten. De toetsing vindt dus plaats voorafgaand aan de afvang en behandeling in de CO₂-afvanginstallatie.

Als er ZZS in de te leveren CO₂ uit afvalverbranding voorkomt, komt dit ofwel uit het oorspronkelijke rookgas ofwel uit (afbraak)producten in de amine-oplossing. Ingeval van rookgas is er dus geen toename van emissie naar het milieu, de emissie van ZZS is alleen

verplaatst van de schoorsteen naar het emissiepunt van de CO₂-afvanginstallatie. Wat betreft blootstelling in de kas kan gesteld worden dat er verschillende stappen in het afvang- en vervloeiingsproces zitten die zullen leiden tot een forse verlaging van ZZS-gehaltenes:

- DCC koeler waar met natronloog dosering een extra rookgas wasstap wordt geïntroduceerd (bovenop huidige rookgasreiniging), afvoer met proceswater
- De adsorptiekolom waarin een deel van de ZZS oplost en/of reageert met de amine-oplossing, afvoer ervan met periodieke spui naar sloptank en d.m.v. actief koolfilter
- CO₂-Wasser als eerste stap van vervloeiing (afvoer met proceswater)
- Compressiestap van de CO₂ waarbij ook condenseerbare stoffen zullen neerslaan en afvoer met proceswater
- Koelingsstap waarbij CO₂ condenseert en permanente gassen worden afgescheiden

Gelet op al deze stappen is onze overtuiging dat ZZS, indien al aantoonbaar in vloeibare CO₂, geen rol zal spelen in de kwaliteit van de te leveren CO₂. Niettemin is HVC bereid tot een meetprogramma (in overleg met bevoegd gezag) op de daadwerkelijk geproduceerde vloeibare CO₂ om dit ook in de praktijk aan te tonen. Op grond van periodieke bespreking met het bevoegd gezag kan het meetprogramma en/of de meetfrequentie worden aangepast. Met deze invulling wordt goed aangesloten bij de wens van het bevoegd gezag om de zuiverheid van de vloeibare CO₂ te borgen/beheersen.

Verder zij opgemerkt dat HVC pure CO₂ levert, welke bij de tuinder vervolgens door verdamping weer gasvormig wordt gemaakt en vervolgens na verdunning in de kas wordt geblazen. Die verdunningsfactor is 2500: namelijk van 100% gaan we naar 800 ppm CO₂ in lucht (waarvan 400 ppm al in de lucht zat). Dus mens- en plant gerelateerde risico's worden ook met deze factor gereduceerd bij de beoordeling van de kwaliteit van het pure CO₂.



Plan

OMGEVINGSVERGUNNING HVC CO₂-AFVANGINSTALLATIE ALKMAAR

ontwerp

► ruimte voor ideeën

ruimtelijke
denkers

wissing

HVC CO2-afvanginstallatie Alkmaar

Inhoudsopgave

Toelichting ruimtelijke onderbouwing	3
Hoofdstuk 1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding en doel	3
1.2 Ligging en begrenzing plangebied	3
1.3 Vigerend bestemmingsplan	4
1.4 Leeswijzer	6
Hoofdstuk 2 Planbeschrijving	7
2.1 Huidige situatie	7
2.2 Toekomstige situatie	8
Hoofdstuk 3 Beleid	11
3.1 Rijks- en provinciaal beleid	11
3.2 Gemeentelijk beleid	11
Hoofdstuk 4 Omgevingsaspecten	15
4.1 Milieu	15
4.2 Planologische onderzoeken	15
Hoofdstuk 5 Uitvoerbaarheid	19
5.1 Juridische planopzet	19
5.2 Economische uitvoerbaarheid	19
5.3 Maatschappelijke uitvoerbaarheid	19

Toelichting ruimtelijke onderbouwing

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Om klimaatverandering tegen te gaan heeft de Nederlandse overheid zich ten doel gesteld de uitstoot van broeikasgassen, waarvan CO₂ de belangrijkste is, fors te verminderen. In de Klimaatwet is vastgesteld met hoeveel procent de CO₂-uitstoot moet worden teruggebracht. Het Klimaatakkoord bevat afspraken die de overheid hierover heeft gemaakt met verschillende bedrijfssectoren.

Het bedrijf HVC is verantwoordelijk voor het duurzaam afvalbeheer van haar aandeelhouders. Daarnaast produceert HVC duurzame energie. Aan de Jadestraat 1 te Alkmaar is de afvalenergiecentrale van HVC gevestigd.

HVC wil een bijdrage leveren aan de doelstelling om CO₂-uitstoot terug te brengen. In 2014 heeft HVC daarom samen met diverse partijen, waaronder de provincie Noord-Holland, de 'Green Deal CO₂ voorziening glastuinbouw Noord-Holland' ondertekend en zich gecommitteerd aan de uitdagingen voor de realisatie van de CO₂-infrastructuur.

De glastuinbouwsector verbruikt circa 10% van de fossiele brandstoffen in Nederland. In 2017 verstoekte de sector ongeveer 3,3 miljard kubieke aardgas voor de productie van warmte, CO₂ en elektriciteit. Steeds meer tuinders willen van het aardgas af. Op grond van de afspraken in het 'green deal' akkoord, heeft HVC een installatie ontwikkeld voor het afvangen van CO₂ uit rookgassen, afkomstig van de bio-energiecentrale. De afgevangen CO₂ wordt vervolgens toegepast bij glastuinders in de regio.

Het planvoornemen betreft de realisatie van de CO₂-afvanginstallatie met een maximale hoogte van 55 meter op het terrein van HVC aan de Jadestraat 1 Alkmaar. De realisatie van een schoorsteen met een hoogte van 40 meter is planologisch gezien mogelijk. Omdat de schoorsteen van de CO₂-afvanginstallatie een hoogte van 55 meter heeft is een omgevingsvergunning voor het afwijken van het bestemmingsplan nodig. De binnenplanse afwijkingmogelijkheid in het bestemmingsplan biedt onvoldoende ruimte om de installatie te kunnen realiseren. De "kruimelregeling" is niet van toepassing op installaties. Daarom moet de uitgebreide procedure (2.12 lid 1, sub a onder 3 Wabo) worden gevolgd. Ten behoeve van de aanvraag omgevingsvergunning (buitenplans afwijken) is voorliggende ruimtelijke onderbouwing opgesteld.

1.2 Ligging en begrenzing plangebied

De installatie wordt gerealiseerd op het terrein van HVC aan de Jadestraat 1 te Alkmaar (kadastraal bekend als perceelnummer 7938, sectie F). Het terrein van HVC ligt op industrie terrein Boekelermeer. De CO₂-afvanginstallatie wordt gerealiseerd binnen dezelfde inrichting die nu reeds in gebruik is voor de afvalenergiecentrale (AEC) en bio-energiecentrale (BEC). De af te vangen CO₂ is afkomstig van de rookgassen van de BEC en lijn 4 van de AEC.



Afbeelding ligging terrein HVC (afbeelding links) en plangebied installatie (afbeelding rechts) op het terrein van HVC

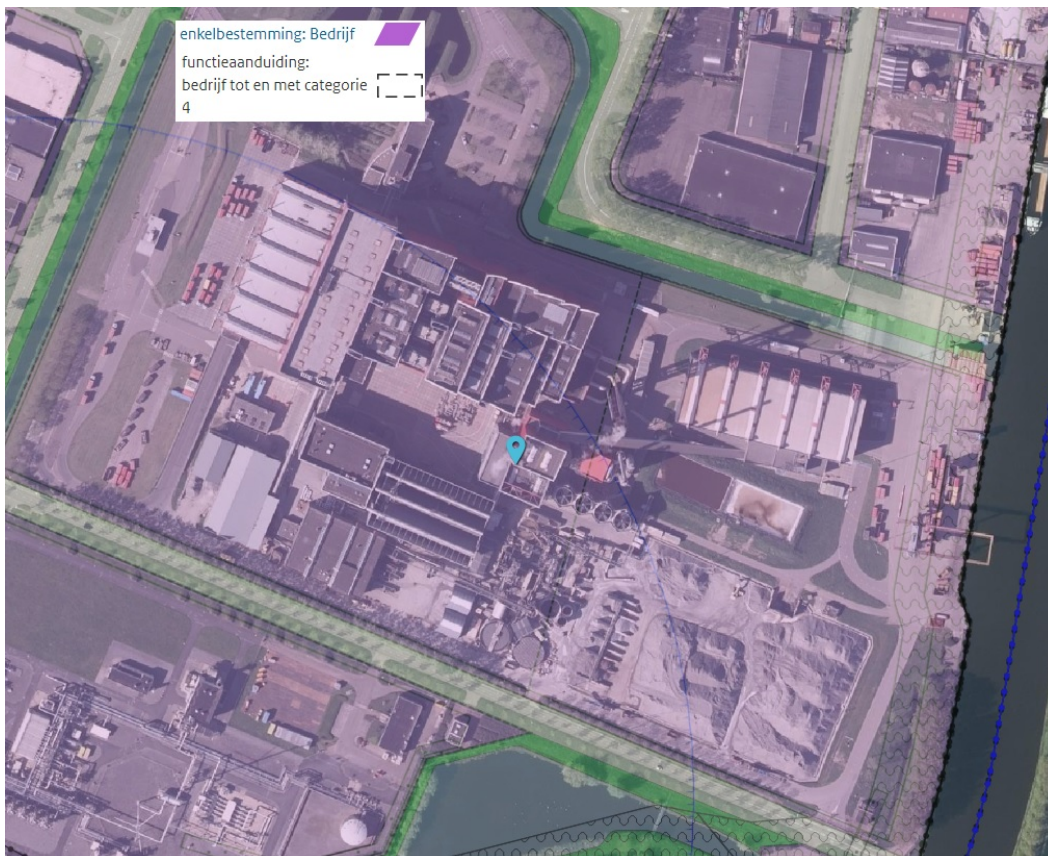
1.3 Vigerend bestemmingsplan

Vigerend bestemmingsplan

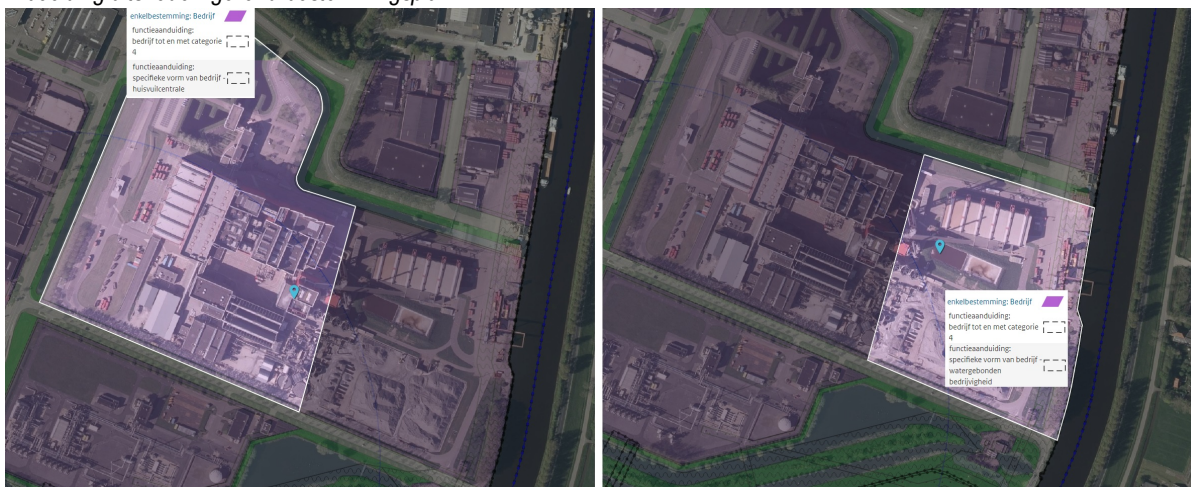
Het vigerende bestemmingsplan is 'Boekelermeer Noord' welk is vastgesteld op 4 april 2013. Voor het terrein van HVC geldt de bestemming 'bedrijf' en de functieaanduiding 'bedrijf tot en met categorie 4'. Het terrein is verdeeld in een gebied met functieaanduiding 'specifieke vorm van bedrijf - huisvuilcentrale' (hierna aanduiding huisvuilcentrale) en een gebied met functieaanduiding 'specifieke vorm van bedrijf - watergebonden bedrijvigheid' (hierna aanduiding watergebonden bedrijvigheid).

In dit bestemmingsplan zijn restricties opgenomen ten aanzien van de hoogte van bouwwerken. Het gebied met aanduiding 'huisvuilcentrale' biedt de mogelijkheid om schoorstenen te bouwen tot een hoogte van 110 meter (de huidige schoorsteen is ca. 80 meter hoog). De hoge delen van de beoogde installatie vertonen in functie (emissiepunt rookgassen) en voorkomen sterke gelijkenissen met een schoorsteen. Het clusteren van de schoorstenen is ruimtelijk gezien wenselijk. De rookgassen waaruit de CO₂ wordt afgevangen worden afgetakt van de schoorstenen van de afvalenergiecentrale (AEC) en de bio-energiecentrale (BEC). Binnen het gebied direct naast de AEC is het planologisch gezien mogelijk zijn om de nieuwe installatie te realiseren zonder dat er sprake zou zijn van een afwijking van de planregels van het bestemmingsplan. Ruimtelijk gezien is het echter niet mogelijk de beoogde installatie hier te plaatsen.

Het is van belang voor het functioneren van de CO₂-afvanginstallatie dat de afstand tot de BEC en de AEC van waaruit de CO₂ wordt afgevangen niet te groot is. De plek waar voldoende ruimte is voor de installatie bevindt zich ter hoogte van waterbassins en ligt op korte afstand van de schoorstenen van de AEC en BEC. Dit deel van het terrein heeft echter de aanduiding watergebonden bedrijvigheid. Hier zijn wel, op grond van de functieaanduiding 'bedrijven t/m categorie 4' activiteiten en bouwwerken, ten behoeve van het functioneren van een afvalenergiecentrale toegestaan. De realisatie van de installatie ten behoeve van de bestaande afvalenergie- en bio-energiecentrale is qua functie mogelijk. Echter is het realiseren van installatieonderdelen met een hoogte van meer dan 40 meter alleen met een buitenplanse afwijkingsprocedure mogelijk. Omdat er sprake is van strijdigheid met bestemmingsplan omtrent de hoogte van de installatie wordt de buitenplanse afwijkingsprocedure gevolgd. De voorliggende ruimtelijke onderbouwing dient als motivatiedocument bij de aanvraag omgevingsvergunning buitenplans afwijken.



Afbeelding uitsnede vigerend bestemmingsplan



Afbeelding uitsnede vigerend bestemmingsplan, links aanduidingsgebied 'specifieke vorm van bedrijf - huisvuilcentrale' en rechts aanduidingsgebied 'specifieke vorm van bedrijf - watergebonden bedrijvigheid'

Parapuplan Parkeren 2018

Op 13 april 2018 is het parapuplan Parkeren 2018 vastgesteld, hierin zijn de algemeen geldende regels voor parkeren opgenomen. In de regels is bepaald dat voldaan moet worden aan de geldende parkeernormen. Het aspect parkeren wordt toegelicht in paragraaf 4.2.2.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het plan beschreven, volgend daarop wordt in hoofdstuk 3 het relevante beleid behandeld. In hoofdstuk 4 worden de onderzoeken en beoordelingen van omgevingsaspecten toegelicht. In hoofdstuk 5 wordt de uitvoerbaarheid van het plan besproken.

Hoofdstuk 2 Planbeschrijving

2.1 Huidige situatie

Op het terrein van HVC aan de Jadestraat te Alkmaar staat een afvalenergie- en bio-energiecentrale. Bij de verbranding van het afval komt in deze centrales CO₂ vrij die samen met de overige componenten in de rookgassen wordt uitgestoten via de schoorstenen. HVC is voornemens per jaar maximaal 125.000 ton CO₂ af te vangen uit de rookgassen. De afgevangen hoeveelheid CO₂ kan vervolgens worden ingezet bij tuinders in de regio. Om de CO₂ af te kunnen vangen is een installatie nodig.

De huidige afvalenergiecentrale bestaat uit verschillende installaties en gebouwen, waarvan een viertal bij elkaar gegroepeerde schoorstenen met een maximale hoogte van 80 meter onderdeel uitmaken. Aan de westzijde ligt de afvalenergiecentrale met representatieve entree met kantoor en parkeren met groen en water. Aan de oostzijde van het terrein bevinden zich de bio-energiecentrale, waterbassins en opslag voor de bodemas met overslagruimte naar het water. Aan de overzijde van het water aan de Westdijk liggen nog enkele boerenerven.



Afbeelding luchtfoto huidige situatie en representatieve entree met kantoor



Afbeelding aanzicht HVC energiecentrale

2.2 Toekomstige situatie

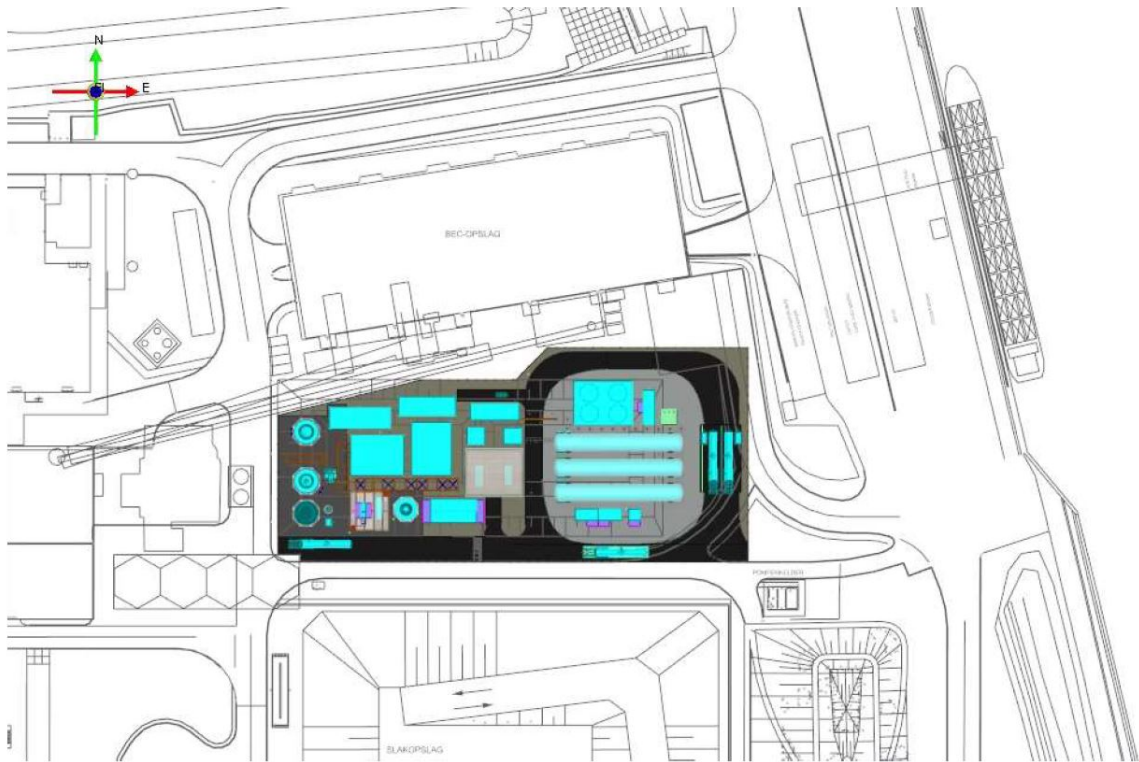
De installatie wordt gesitueerd ter plaatse van de huidige waterbassins en heeft een ruimtebeslag van ongeveer 4400m². De installatie is voorzien van een aantal hogere schoorstenen. De installatie wordt aangesloten op de bestaande rookgasafvoerkanalen van een tweetal kolommen, te weten de absorberkolom met een hoogte van ca. 55 meter en de stripperkolom met een hoogte van ca. 35 meter

De volgende processtappen van de installatie worden onderscheiden:

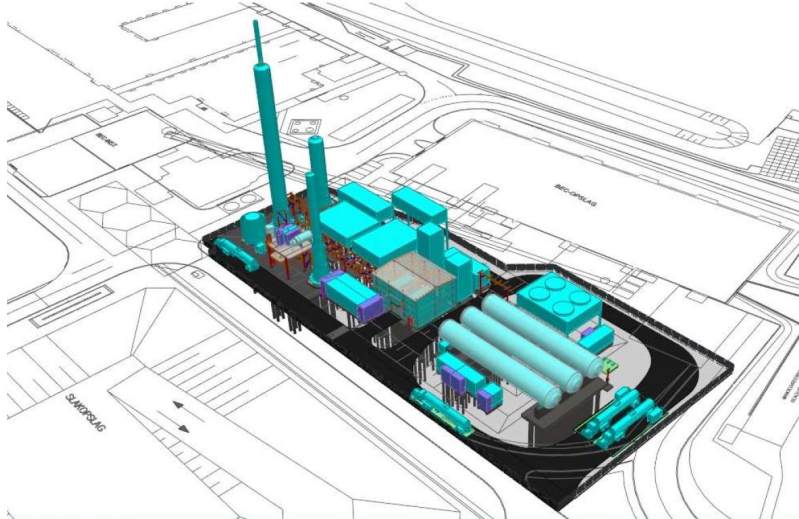
- Afrang van rookgassen en quench
- Absorptie door middel van amine-oplossing
- Voorverwarmer, desorber (stripper) en koeler
- Vervloeiingsunit
- Opslag en vervoer
- De verschillende processtappen zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.1 en hieronder nader uitgewerkt.

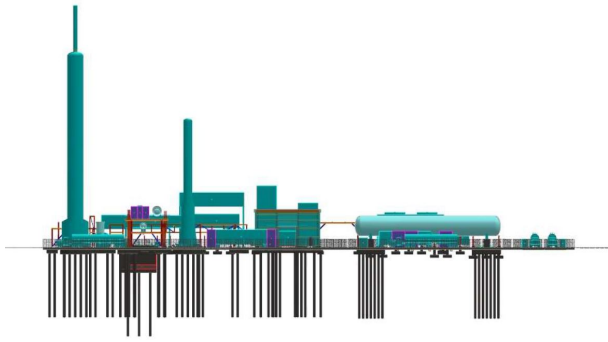
Voor een verdere toelichting over de installatie en de processtappen wordt verwezen naar de toelichting aanvraag omgevingsvergunning milieu. In deze paragraaf wordt gemotiveerd dat de beoogde installatie ruimtelijk passend is op de locatie.

De beoogde installatie is gesitueerd aan de oostzijde van het terrein. De installatie is niet zichtbaar vanaf de representatieve zijde. De installatie wordt ruimtelijk ingepakt door de bio-energiecentrale aan de noordzijde, de afvalenergiecentrale aan de westzijde en het terrein met opslag voor bodemas aan de zuidzijde. De absorber en stripper kolom vormen de hoogste elementen van de installatie en staan in de nabijheid van de aanwezige schoorstenen van de BEC en AEC.



Afbeelding concept situatietekening beoogde installatie met aanzicht en 3D view

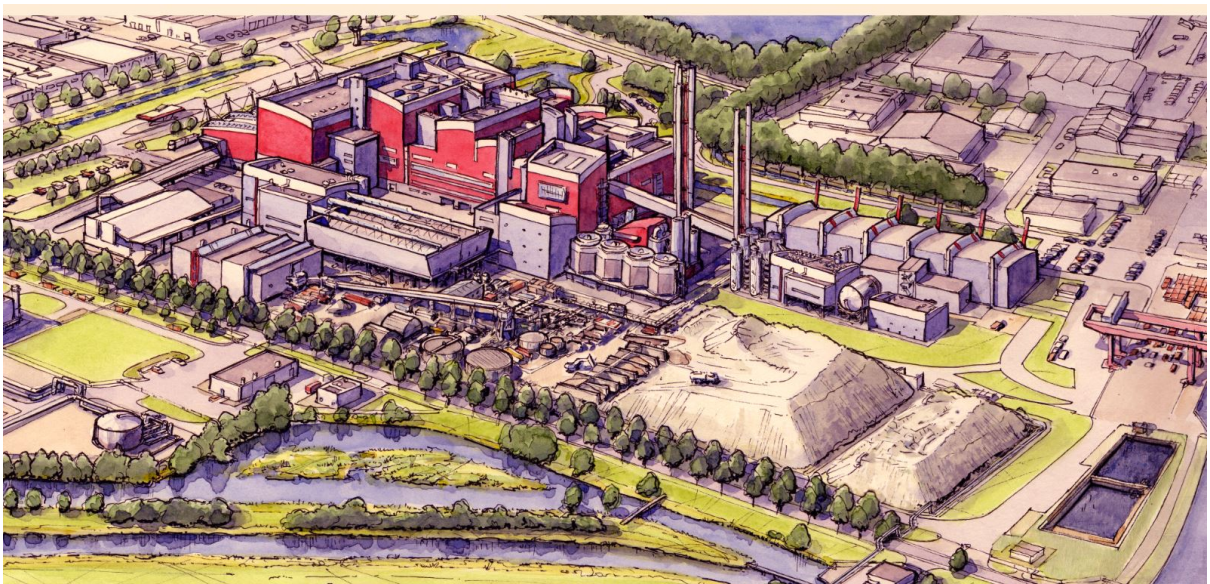




Afbeelding impressie nieuwe installatie

Zoals op onderstaande artist impression is te zien valt de beoogde installatie weg tegen de bestaande bedrijfsgebouwen, installaties en schoorstenen. Door deze situering vindt er geen onevenredige aantasting plaats van het straat- en bebouwingsbeeld.

In paragraaf 3.2 wordt nog ingegaan op de welstandsnota en de beeldkwaliteit die aansluit op de omgeving en gebiedstype.



Afbeelding concept artist impression beoogde installatie in huidige situatie

Hoofdstuk 3 Beleid

3.1 Rijks- en provinciaal beleid

Het planvoornemen betreft de realisatie van een CO₂-afvanginstallatie behorend bij het bestaande bedrijf HVC. Het planvoornemen is qua functie passend binnen het bestemmingsplan. Derhalve wordt gesteld dat er geen rijksbelangen en/of provinciale belangen spelen omdat er geen sprake is van de toevoeging van een nieuwe functie. In het rijksbeleid en/of provinciaal beleid is geen specifiek beleid ten aanzien van dergelijke installaties opgenomen. Het planvoornemen betreft geen nieuwe stedelijke ontwikkeling omdat het een installatie behorend bij een bestaand bedrijf betreft.

Het rijks- en provinciaal beleid wordt daarom niet nader toegelicht. Voor de volledigheid wordt wel kort het provinciaal beleid ten aanzien van nieuwe energie toegelicht afkomstig uit de Omgevingsvisie NH2050.

Provinciaal beleid

De provincie wil een klimaatneutrale en volledig circulaire provincie zijn, in lijn met de nationale doelstelling op dit gebied. Deze ambitie is gekoppeld aan de doelstelling van het Klimaatakkoord om te komen tot 49% CO₂-reductie in 2030. Dat betekent dat de provincie ruimte biedt aan de energietransitie. De transitie naar opwekking en gebruik van duurzame energie heeft consequenties voor de energiehuishouding en de energie-infrastructuur. Om te voorzien in de behoefte aan elektriciteit in de provincie is energie nodig die wordt opgewekt op land en op zee. Ook zijn er systemen nodig om in onze warmtebehoefte te voorzien, zoals systemen die elektriciteit in warmte omzetten. Daarnaast is ruimte nodig voor opslag van energie, zodat vraag en aanbod van energie beter op elkaar kunnen worden afgestemd. Technologieën op het gebied van duurzame energie zijn voortdurend in ontwikkeling. Dat vraagt om een adaptieve strategie die ruimte laat om te variëren in de duurzame-energiemix. Bovendien brengen deze nieuwe technologieën nieuwe gezondheids- en veiligheidsaspecten met zich mee.

Het planvoornemen draagt bij aan de ambitie van de provincie door de realisatie van een CO₂-afvanginstallatie waardoor de CO₂ productie van de afvalenergie- en bio-energiecentrale ingezet kan worden als energie bij tuinders in de regio. Hierdoor draagt het planvoornemen bij aan de opwekking van duurzame energie.

3.2 Gemeentelijk beleid

Omgevingsvisie Alkmaar 2040

De gemeenteraad van Alkmaar heeft op 5 oktober 2017 de Omgevingsvisie Alkmaar 2040 vastgesteld. De Omgevingsvisie Alkmaar 2040 is een strategisch beleidsdocument dat betrekking heeft op de fysieke leefomgeving van Alkmaar.

Het beleid ten aanzien van duurzaamheid en energietransitie wordt nader toegelicht.

Duurzaamheid en energietransitie

Alkmaar bouwt op basis van actieplannen aan een duurzame uitvoeringsagenda. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen programma's rond thema's als wonen, transport & mobiliteit, bedrijven en maatschappelijk vastgoed. Een duurzame gemeente houdt óók duurzaam ondernemen in. Doel is het verminderen van 20% CO₂-emissie in 2020. Op de route daar naar toe is het streven dat nieuwbouw in de nabije toekomst energieneutraal en aardgasvrij is. Voor de lange termijn wordt voor 2040 wordt gestreefd naar een energieneutrale regio NHN.

Landelijke doelstelling is 'aardgasvrij in 2050'. Op korte termijn wordt in Alkmaar met deze warmtetransitie gestart, door aan te sluiten bij natuurlijke investeringsmomenten. Zowel de korte termijn opgave, als de lange termijn doelstellingen worden vertaald naar een energietransitieplan.

Het planvoornemen draagt bij de gemeentelijk ambitie om de CO₂-emissie in 2020 te verminderen door de realisatie van een CO₂-afvanginstallatie waardoor de CO₂-afvang productie van de afvalenergie- en bio-energiecentrale ingezet kan worden als energie bij tuinders in de regio. Hierdoor kunnen de tuinders ook stoppen met gebruik van aardgas voor de energieopwekking in de kassen. Hierdoor draagt het planvoornemen bij aan de ambitie om in de toekomst een

energie neutrale en aardgasvrije gemeente te zijn. En door de realisatie van het plan wordt het bedrijf HVC verder verduurzaamt.

Welstandsnota Alkmaar 2016

In de Welstandsnota (vastgesteld 26 september 2016) worden de criteria die ten grondslag liggen aan de redelijke eisen van welstand, die gelden voor de gemeente, uitgewerkt, om zo het belang van een aantrekkelijk bebouwde omgeving te behartigen.

Voor het plangebied gelden de gebiedscriteria geldend voor bedrijven Boekelermeer Noord.

Bedrijventerrein Boekelermeer Noord is een samenhangend gebied met representatieve bedrijfsbebouwing aan brede groene lanen. De bedrijvigheid richt zich op handel, productie en transport, afgewisseld met kantoren. Het gebied heeft een relatief groen karakter en de architectonische uitwerking van de bedrijven varieert van eenvoudig tot verzorgd. Het gebied ligt tussen het Noordhollandsch Kanaal, de N242 en gaat aan de zuidzijde over in het ontwikkelingsgebied Boekelermeer Zuid

Bijzonder in maat, schaal en uitvoering is het complex van afvalverwerking HVC aan de Jadestraat. Met zijn expressieve combinaties van massa's is dit geheel goed zichtbaar vanaf de toegangswegen naar de stad en als zodanig een bepalend onderdeel van het silhouet van Alkmaar.

Belangrijkste kenmerken

- per kavel is er één hoofdmassa, waarvan de gevels gericht op belangrijke openbare ruimten zijn uitgevoerd als voorgevels
- gebouwen zijn overwegend vrijstaand, individueel en representatief.
- de architectonische uitwerking en detaillering zijn zorgvuldig en evenwichtig.
- grote vlakken bestaan uit materialen met een structuur, kleuren zijn terughoudend en in onderlinge samenhang.
- wijzigingen en toevoegingen in stijl en afwerking zijn op het hoofdvolume afgestemd.

Zoals in paragraaf 2.2 is beschreven wordt de beoogde installatie gesitueerd aan de oostzijde (achterkant) van het terrein en valt de installatie weg tegen de reeds bestaande gebouwen en installaties waarbij de schoorstenen centraal op het terrein worden geclusterd. De expressieve uitstraling van de huidige afvalenergie- en bio-energiecentrale als onderdeel van silhouet van Alkmaar verandert niet. De installatie krijgt een functionele ingetogen uitstraling passend in zijn omgeving.

Het voornemen is aan de gemeente voorgelegd. De gemeente is voornemens medewerking te verlenen aan het plan en geeft aan het met name als positief te beschouwen dat de hoge delen van de installatie gerealiseerd worden aan de westzijde van de bouwlocatie, waarbij de elementen ook als cluster bij de al aanwezige hoge elementen (pijpen) worden geplaatst.

Verder geeft de gemeente als aandachtspunten mee om bij de uitwerking aandacht te besteden aan kleurgebruik, verlichting en informatievoorzieningen en daarnaast aan duurzaamheid/klimaatadaptatie. Bron: e-mail dhr. B. Voolstra d.d. 30 juli 2018 met bijlage "Reactie RV-HVC-Jadestraat-CO2 afvang-20180724".

Parkeernormennota Alkmaar (2017 - 2027)

Op 5 oktober 2017 heeft de gemeenteraad van Alkmaar de Parkeernormennota Alkmaar 2017-2027 vastgesteld. In deze nota zijn de parkeernormen geldend voor diverse functies opgenomen. Het aspect parkeren wordt toegelicht in paragraaf 4.2.2.

Duurzaamheid

Gemeente Alkmaar heeft het Duurzaamheidsbeleid vastgesteld in haar Duurzaamheidsprogramma 2016 – 2020. Met als basis de doelstellingen die afgesproken zijn in de regio Alkmaar, dat we werken naar een toename van het aandeel duurzame energie en een afname van het gebruik van fossiele energie. Ook in het coalitieakkoord van Alkmaar wordt er duidelijk gesproken over duurzaamheid. Zo wordt er ingezet op zonne-energie en de verduurzaming van woningen.

De gemeente hanteert de volgende uitgangspunten voor de nieuwbouw:

- gasloos bouwen
- energieneutraal bouwen / lokale opwekking duurzame energie
- circulair bouwen / wateradaptie
- duurzame mobiliteit

Het planvoornemen levert een belangrijke bijdrage aan de duurzaamheidsambities van de gemeente, de afvang van CO₂ uit de afvalenergie- en de bio-energiecentrale levert een reductie van de hoeveelheid CO₂ op. Doordat vervolgens de afgevangen hoeveelheid CO₂ wordt gebruikt door tuinders, in de plaats van het huidige gebruik van aardgas, wordt een verdere reductie van CO₂ bewerkstelligd.

Hoofdstuk 4 Omgevingsaspecten

4.1 Milieu

Besluit milieueffectrapportage

Voor activiteiten die in potentie belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu kunnen hebben is het verplicht een MER op te stellen. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen enerzijds een m.e.r.-plicht (onderdeel C, Besluit m.e.r.) en anderzijds de verplichting te beoordelen of een MER opgesteld moet worden vanwege bijzondere omstandigheden waaronder de activiteit wordt ondernomen (m.e.r.-beoordelingsplicht, onderdeel D).

De op te richten CO₂-afvanginstallatie heeft een capaciteit van meer dan 100 ton per dag waarbij de rookgassen, afkomstig van niet-gevaarlijke afvalstoffen, chemisch behandeld worden. Het voorgenomen initiatief is daarom m.e.r.-plichtig op grond van categorie C18.4, bijlage I van het Besluit m.e.r. Deze categorie heeft betrekking op de oprichting, wijziging of uitbreiding van een installatie bestemd voor de verbranding of de chemische behandeling van niet-gevaarlijke afvalstoffen, in gevallen waarin de activiteit betrekking heeft op een capaciteit van meer dan 100 ton per dag. Daarom is onderhavig Milieueffectrapport (MER) opgesteld, zie hiervoor toelichting aanvraag omgevingsvergunning milieu.

Conclusie

Gelet op de milieuaspecten die een rol spelen bij de voorgenomen CO₂-afvanginstallatie kan worden geconcludeerd dat belangrijke nadelige milieugevolgen zijn uit te sluiten. Alle relevante milieuaspecten kunnen voldoende aan de orde komen bij de behandeling van de aanvraag om omgevingsvergunning en worden getoetst aan de hierop van toepassing zijnde wet- en regelgeving.

Milieuonderzoeken

Voor de aspecten bodem, bedrijven- en milieuzonering, externe veiligheid, geluid en luchtkwaliteit zijn milieuonderzoeken uitgevoerd. De conclusies hiervan zijn opgenomen in de bijgesloten milieuparagraaf. Voor een toelichting op de uitgevoerde onderzoeken wordt verwezen naar toelichting aanvraag omgevingsvergunning milieu.

4.2 Planologische onderzoeken

Voor de aan het planvoornemen verbonden aspecten archeologie, verkeer en parkeren, flora en fauna en water zijn bureauonderzoeken uitgevoerd. In de navolgende subparagrafen zijn deze bureaubeoordelingen opgenomen.

4.2.1 Archeologie

Ter plaatse van het plangebied geldt geen archeologische dubbelbestemming. Een archeologisch onderzoek is op grond van het bestemmingsplan niet nodig. Daarnaast is de bodem reeds verstoord door de aanwezigheid van het bedrijf en op de locatie zelf door de aanwezigheid van de waterbassins. Er wordt gesteld dat dit aspect geen belemmeringen oplevert.

4.2.2 Verkeer en parkeren

Het planvoornemen voorziet niet in de vestiging van een zelfstandig bedrijf maar in de bouw van een installatie behorend bij een bestaand bedrijf. Voor de realisatie van het planvoornemen gelden geen specifieke parkeernormen. Het planvoornemen genereert geen parkeerbehoefte en op het terrein zelf zijn voldoende parkeerplaatsen beschikbaar.

Evenals voor parkeren geldt voor verkeer dat er geen nieuw bedrijf wordt gevestigd met een bepaalde verkeersgeneratie. De opgeslagen CO₂ wordt vanuit de installatie overgetankt naar tankwagens die vervolgens de CO₂ vervoeren naar tuinders in de regio. Deze tankwagens genereren een bepaald aantal verkeersbewegingen maar in relatie tot reeds aanwezige verkeersbewegingen op de inrichting leidt dit niet tot een significante toename op omliggende

ontsluitingswegen. Bij de installatie wordt voldoende verkeersruimte gecreëerd zodat vrachtwagens af- en aan kunnen rijden en dat er voldoende ruimte is om de vrachtwagens te laden.

4.2.3 Flora en fauna

HVC beschikt over een vergunning in het kader van de wet Natuurbescherming.

Soortenbescherming

De plek waar de installatie wordt gerealiseerd hoort bij dit bedrijf. Naar verwachting levert het aspect flora en fauna geen belemmering op omdat er reeds een vergunning beschikbaar is in het kader van de wet Natuurbescherming. Verstoring van soorten wordt niet verwacht omdat het plangebied reeds in gebruik is als onderdeel van het bedrijf HVC.

Gebiedsbescherming

Indien significante nadelige effecten te verwachten zijn ten gevolge van het voorgenomen initiatief dient een Passende beoordeling te worden gemaakt. Het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied (Eilandspolder) bevindt zich op ca. 4 km van de inrichting. De uitgevoerde stikstofdepositieberekeningen worden toegelicht in het bijgesloten Milieueffectrapport (MER).

Conclusie

Vanuit flora en fauna zijn er geen belemmeringen voor de realisatie van het plan.

4.2.4 Water

Het plangebied ligt binnen het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (hierna HHNK). De waterbets is een verplicht onderdeel van een bestemmingsplan. Het is verplicht in beeld te brengen wat de effecten van de voorgenomen activiteit op de waterhuishouding zijn. Het gaat hier zowel om de waterkwaliteit als waterkwantiteit. Het streven is er zoveel mogelijk op gericht om water (regen-, afval- en oppervlaktewater) op een goede manier in te passen in het ontwerp. Voor dit plan is onderstaande waterparagraaf opgesteld.

Beleid Hoogheemraadschap

Op 3 november 2015 is het Waterprogramma 2016-2021 van het HHNK gepubliceerd. Hierin is opgenomen het beleid, de maatregelen, de programma's en de projecten die het HHNK die periode alleen en samen met anderen gaat uitvoeren. Daarbij wordt voortgebouwd op de regionale Deltavisie (2012) en de verankerde landelijke Deltabeslissingen.

Daarnaast beschikt het Hoogheemraadschap over een Verordening: de Keur 2016. Hierin staan de geboden en verboden die betrekking hebben op watergangen en waterkeringen. Voor het uitvoeren van werkzaamheden kan een vergunning nodig zijn. De werkzaamheden in of nabij de watergangen en waterkeringen worden getoetst aan de beleidsregels.

In de Beleidsregels 'Compensatie verhardingstoename' en 'Alternatieve vormen van waterberging' (2015) is opgenomen wanneer en hoeveel compensatie van verhard oppervlakte nodig is;

Oppervlakte aanleg extra verhard oppervlak	Minimaal benodigd oppervlak extra open water, uitgedrukt als percentage van het aan te leggen extra verhard oppervlak
< 800 m ²	Geen, behoudens Artikel 4.2 lid c. en d. Keur 2009
800 m ² < 2.000 m ²	10%
2.000 m ²	Maatwerkberekening

Voor alle werkzaamheden in, langs, op, bij of aan open water, waterkeringen, alsmede voor het doen van lozingen op het oppervlaktewater en het realiseren van verhardingstoenames groter dan 800 m², dient een watervergunning te worden aangevraagd bij het hoogheemraadschap. Een watervergunning is een toestemming om, in afwijking van een verbod en met in achtname van bepaalde voorwaarden en voorschriften, bepaalde activiteiten of ingrepen uit te mogen voeren.

Waterparagraaf

Watergangen en waterkeringen

Het plangebied ligt niet binnen de beschermingszones van watergangen of waterkeringen. In het plangebied zelf zijn geen watergangen aanwezig.

Toename verharding

In het plangebied zijn twee waterbassins aanwezig met een totale oppervlakte van circa 1570 m². Deze waterbassins worden gebruikt voor de opvang van afvalwater afkomstig uit de centrale. Naast de waterbassins ligt in de grond een folie die voorkomt dat verontreiniging de bodem in kan. De waterbassins worden verplaatst naar een nieuwe locatie nabij het terrein van HVC. De verplaatsing van de waterbassins worden uitgewerkt in een apart traject.



Afbeelding locatie waterbassins plangebied en nieuwe locatie na verplaatsing (geeld omkaderd)

Het oppervlak van de installatie bedraagt circa 4400m², naar verwachting wordt het gehele plangebied verhard ten behoeve van de installatie. Omdat in de bodem een folie is gelegd is er in de huidige situatie geen sprake van een onverhard terrein.

Het plangebied ligt daarnaast op het bestaande terrein van HVC en is reeds bestemd voor 'Bedrijf'. Voor het gehele terrein van HVC is een watervergunning beschikbaar. In het kader van deze watervergunning is reeds watercompensatie aangelegd ten behoeve van het verhard oppervlak van het terrein van HVC. Watercompensatie voor de realisatie van de CO₂-afvanginstallatie is dan ook niet nodig.

Waterafvoer en riolering

Tijdens de rookgasbehandeling komt condenswater vrij. Dit water wordt hergebruikt als bedrijfswater en/of wordt ingezet in de bestaande gaswassing. Uiteindelijk zal dit water verdampen. Wanneer er sprake is van verontreinigd water zal dit worden afgevoerd naar een erkende verwerker. Er is geen sprake van lozing op het oppervlaktewater. De huidige

waterwetvergunning van HVC hoeft derhalve niet te worden aangepast.

Conclusie

Op basis van voorgaande waterparagraaf wordt gesteld dat watercompensatie niet nodig is en dat er geen negatieve gevolgen zijn voor de waterhuishoudkundige situatie ter plaatse.

Hoofdstuk 5 Uitvoerbaarheid

5.1 Juridische planopzet

Voor het mogelijk maken van het bouwplan wordt de uitgebreide procedure (2.12 lid 1, sub a onder 3 Wabo) gevolgd. Ten behoeve van de aanvraag omgevingsvergunning (buitenplans afwijken) is voorliggende ruimtelijke onderbouwing opgesteld.

5.2 Economische uitvoerbaarheid

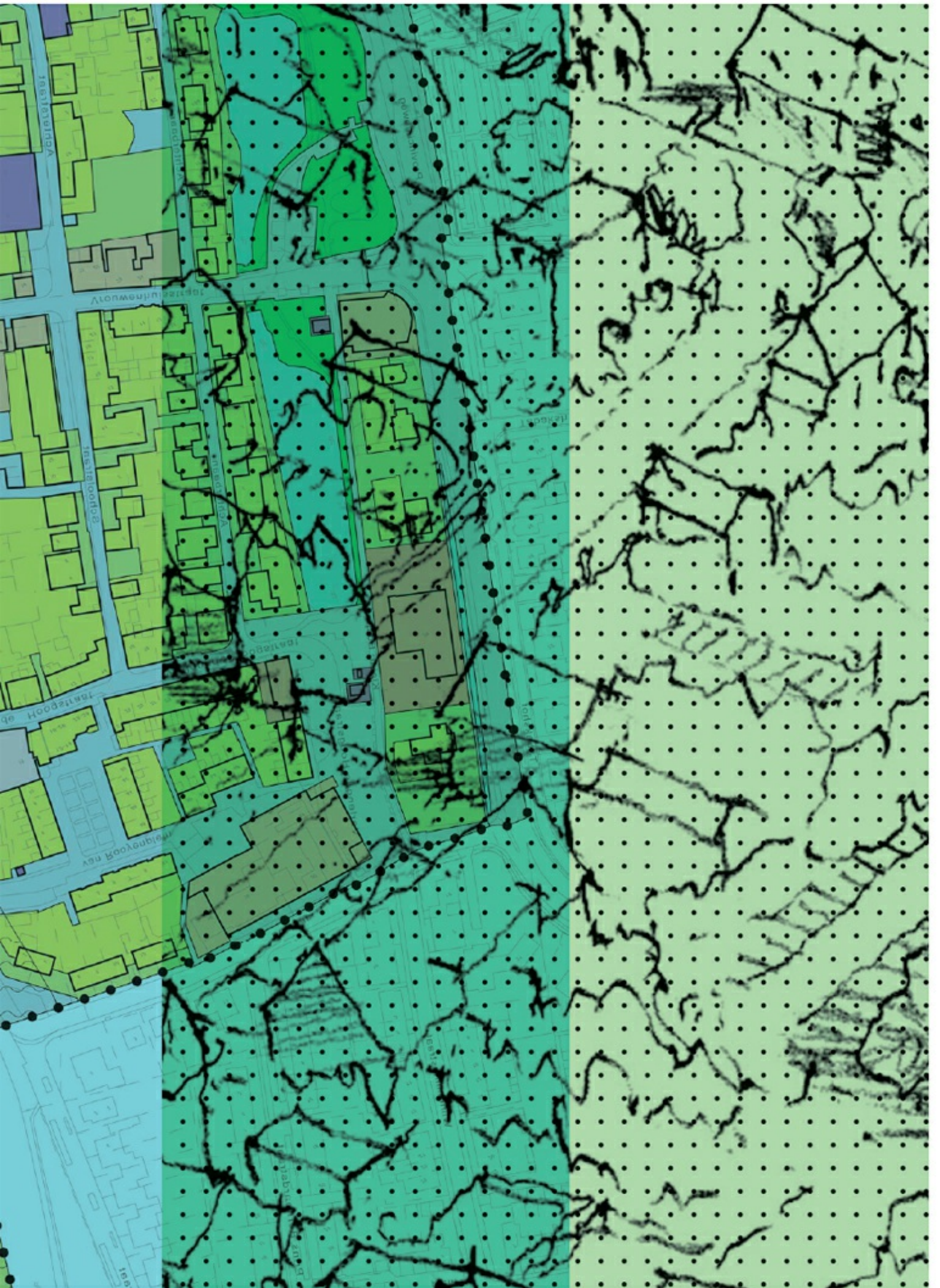
Op grond van artikel 6.12 van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) is de gemeente verplicht bij een procedure waarin bouwplannen zijn opgenomen als aangewezen in artikel 6.12 Wro juncto artikel 6.12 Besluit ruimtelijke ordening, een exploitatieplan vast te stellen. Er hoeft geen exploitatieplan te worden vastgesteld als het verhalen van kosten anderszins verzekerd is, bijvoorbeeld doordat een anterieure overeenkomst is gesloten met de initiatiefnemer.

De realisatie van het planvoornemen komt geheel voor rekening en risico van de initiatiefnemer. Er zijn geen gemeentelijke investeringen mee gemoeid. Dit is vastgelegd in de anterieure overeenkomst.

5.3 Maatschappelijke uitvoerbaarheid

De ontwerp omgevingsvergunning met ruimtelijke onderbouwing wordt ter visie gelegd. Gedurende een periode van 6 weken liggen de stukken tevens ter visie op het gemeentehuis en kunnen door een ieder zienswijzen worden ingediend.

Na afloop van de ter visie termijn worden eventueel ontvangen zienswijzen samengevat en beantwoord in een nota en worden wijzigingen, indien nodig, doorgevoerd in de ruimtelijke onderbouwing.



BBT TOETS

voor het plaatsen van een CO₂-afvanginstallatie bij HVC, locatie Alkmaar

Opdrachtgever: NV HVC

28 augustus 2019

PK18024/D04



Rapportnummer: PK18024/D04
Status: Definitief
Datum: 28 augustus 2019
Projectleider: ir. Å. C. Norrthon
Auteur: drs. K. Stassen-Flinzner
Tweede lezer: ir. Å. C. Norrthon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Algemeen.....	4
1.2	Toetsing aan de Richtlijn Industriële Emissies (RIE).....	4
1.3	RIE en IPPC.....	5
1.4	Doel van dit rapport.....	6
2	Toetsing aan de rie.....	7
2.1	BBT-conclusies afvalverbranding.....	7
2.2	BBT-conclusies afvalbehandeling	7
2.3	BBT-conclusies grote stookinstallaties	7
2.4	BREF op- en overslag bulkgoederen	7
2.5	BREF koelsystemen	10
2.6	BREF energie-efficiëntie.....	14

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

Om klimaatverandering tegen te gaan heeft de Nederlandse overheid zich ten doel gesteld de uitstoot van broeikasgassen, waarvan CO₂ de belangrijkste is, fors te verminderen. HVC wil een bijdrage leveren aan deze doelstelling en heeft daarom samen met diverse partijen de 'Green Deal CO₂ voorziening glastuinbouw Noord-Holland' ondertekend.

De glastuinbouwsector verbruikt circa 10% van de fossiele brandstoffen in Nederland, maar steeds meer tuinders willen van het aardgas af. Op grond van de afspraken in het 'green deal' akkoord, heeft HVC een demo-installatie voor het afvangen van CO₂ uit rookgassen, afkomstig van de bio-energiecentrale ontwikkeld en in bedrijf genomen.

Tegelijkertijd met het in bedrijf nemen van de demo-installatie is een vervolgproject gestart om jaarlijks 125.000 ton CO₂ uit de rookgassen naar de glastuinbouw te brengen, wat leidt tot ca. 30 miljoen m³ minder gasgebruik per jaar. Deze BBT toets is uitgevoerd in het kader van dit project.

1.2 Toetsing aan de Richtlijn Industriële Emissies (RIE)

De Richtlijn Industriële Emissies (2010/75/EU) (RIE) is in werking getreden op 6 januari 2011. In deze richtlijn zijn onderdelen uit de voormalige IPPC richtlijn geïntegreerd met o.a. de Afvalverbrandingsrichtlijn en de Richtlijn grote stookinstallaties. In Nederland is de RIE met name via de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, het Activiteitenbesluit milieubeheer en het Besluit Omgevingsrecht geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving.

Op grond van de RIE wordt Nederland verplicht om activiteiten van bedrijven die forse industriële emissies kunnen veroorzaken met een omgevingsvergunning te reguleren, waarbij getoetst moet worden aan de inzet van de Beste Beschikbare Technieken (BBT). Elke installatie die onder de RIE valt, moet voldoen aan het toepassen van BBT.

In bijlage I bij de RIE zijn de categorieën van activiteiten opgenomen die vallen onder de RIE.

Categorie 5.3a heeft betrekking op de verwijdering van ongevaarlijke afvalstoffen met een capaciteit van meer dan 50 ton per dag door middel van een of meer van de volgende activiteiten:

- i) biologische behandeling;
- ii) fysisch-chemische behandeling;
- iii) voorbehandeling van afval voor verbranding of meeverbranding;
- iv) behandeling van slakken en as;
- v) behandeling in shredders van metaalafval, met inbegrip van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur en autowrakken en de onderdelen daarvan.

Deze categorie is niet van toepassing op het afvangen van CO₂ uit rookgas, want het betreft hier nuttige toepassing en geen verwijdering van ongevaarlijke afvalstoffen.

Categorie 5.3b heeft betrekking op nuttige toepassing, of een combinatie van nuttige toepassing en verwijdering, van ongevaarlijke afvalstoffen met een capaciteit van meer dan 75 ton per dag, door middel van een of meer van de volgende activiteiten:

- i) biologische behandeling;
- ii) voorbehandeling van afval voor verbranding of meeverbranding;
- iii) behandeling van slakken en as;
- iv) behandeling in shredders van metaalafval, met inbegrip van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur en autowrakken en de onderdelen daarvan.

Deze categorie is niet van toepassing op het afvangen van CO₂ uit rookgas, want het betreft hier de chemische behandeling van een ongevaarlijke afvalstof.

De activiteit 'afvangen van CO₂ uit rookgas' valt op zichzelf op grond van bovenstaande niet onder de RIE.

De gehele inrichting van HVC, waar de CO₂-afvanginstallatie onderdeel van uit zal maken valt echter wel onder de werkingssfeer van deze richtlijn. Daarom moet ook voor deze voorgenomen activiteit worden getoetst of deze conform BBT wordt gerealiseerd. In dit document wordt getoetst aan de BBT-conclusies afvalverbranding, de BBT-conclusies afvalbehandeling, de BBT-conclusies grote stookinstallaties, de BREF op- en overslag van bulkgoederen, de BREF koelsystemen en de BREF energie-efficiëntie.

1.3 RIE en IPPC

De voorganger van de RIE was de IPPC richtlijn. In het kader van deze richtlijn zijn de zogenaamde 'BAT reference documents' (BREF's) opgesteld. In deze documenten zijn voor de verschillende typen IPPC-installaties de Beste Beschikbare Technieken beschreven. Een onderdeel van deze BREF's is het hoofdstuk BAT: Best Available Techniques. In deze BAT-hoofdstukken worden de conclusies beschreven met betrekking tot welke technieken voor bepaalde installaties als de beste worden beschouwd.

Een wijziging in de RIE ten opzichte van de IPPC richtlijn, is dat er onder deze richtlijn nieuwe documenten worden opgesteld, de zogenaamde 'BBT-conclusies'. Hierin staat hetzelfde als in de voormalige BAT-hoofdstukken uit de BREF's: welke technieken de BBT zijn voor een installatie.

Zo lang er voor een installatie nog geen BBT-conclusie onder de RIE is opgesteld, geldt dat de eerder onder de IPPC-richtlijn vastgestelde BREF van toepassing is, waarbij het BAT-hoofdstuk wordt beschouwd als BBT-conclusie.

Naast de BBT-conclusies en BREF's zijn er ook Nederlandse informatiedocumenten beschikbaar, die als BBT-documenten worden beschouwd. Het betreft de documenten die worden genoemd in de 'bijlage behorende bij artikel 9.2 van de Regeling omgevingsrecht: Nederlandse informatiedocumenten over BBT' bij de ministeriële regeling omgevingsrecht (Mor). Het betreft hier o.a. de PGS richtlijnen (Publicatiereeks gevaarlijke stoffen), de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming (NRB) en enkele richtlijnen voor industriële activiteiten. Deze bijlage heeft uitsluitend betrekking op de toetsing aan de BREF's. Aan de Nederlandse informatiedocumenten wordt apart getoetst.

1.4 Doel van dit rapport

Deze rapportage is opgesteld in het kader van de procedure om te komen tot verlening van een omgevingsvergunning, onderdeel milieu, in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) voor de te realiseren CO₂-afvanginstallatie op de inrichting van HVC te Alkmaar. Een toetsing aan de BBT maakt voor inrichtingen die vallen onder de RIE, deel uit van deze procedure.

2 TOETSING AAN DE RIE

2.1 BBT-conclusies afvalverbranding

Aan deze BBT-conclusies wordt getoetst vanuit volledigheidsoogpunt, omdat binnen de inrichting van HVC verbranding van afvalstoffen plaatsvindt. Zoals beschreven onder paragraaf 1.2, is het afvangen, zuiveren en comprimeren van CO₂ echter geen activiteit die onder de RIE valt. De beste beschikbare technieken die worden beschreven in deze BBT-conclusies zijn niet van toepassing op de CO₂-afvanginstallatie, want in deze installatie worden geen afvalstoffen verbrand.

2.2 BBT-conclusies afvalbehandeling

Aan deze BBT-conclusies wordt getoetst vanuit volledigheidsoogpunt, omdat binnen de inrichting van HVC behandeling van afvalstoffen plaatsvindt. Zoals beschreven onder paragraaf 1.2, is het afvangen, zuiveren en comprimeren van CO₂ echter geen activiteit die onder de RIE valt. Deze BBT-conclusies zijn niet van toepassing op de CO₂-afvanginstallatie. Er worden ongevaarlijke afvalstoffen behandeld, maar deze worden niet verwijderd (geen 5.3a) en er is sprake van een chemische/fysisch-chemische behandeling (geen 5.3b).

2.3 BBT-conclusies grote stookinstallaties

Aan deze BBT-conclusies wordt getoetst vanuit volledigheidsoogpunt, omdat binnen de inrichting van HVC grote stookinstallaties aanwezig zijn. Zoals beschreven onder paragraaf 1.2, is het afvangen, zuiveren en comprimeren van CO₂ echter geen activiteit die onder de RIE valt. Deze BBT-conclusies zijn niet van toepassing op de CO₂-afvanginstallatie. Het betreft geen grote stookinstallatie.

2.4 BREF op- en overslag bulkgoederen

De BREF op- en overslag bulkgoederen is deels van toepassing op het afvangen en zuiveren van CO₂. Voor de volgende activiteiten zijn beste beschikbare technieken vastgesteld:

- 1) Opslag van vloeibaar CO₂ in opslagtanks;
- 2) Overslag van vloeibaar CO₂;
- 3) Overslag van amine-oplossing.

De amine-oplossing wordt direct in de installatie gebracht en blijft volledig in de installatie aanwezig. Opslag van de amine-oplossing is daarmee niet van toepassing.

1. Opslag van vloeibaar CO₂ in opslagtanks

Vloeibaar CO₂ wordt binnen de inrichting opgeslagen in tanks (horizontaal, enkelwandig, 3 x 500 ton). Van de BREF op- en overslag bulkgoederen is het onderdeel 'opslag van vloeistoffen en vloeibaar gemaakte gassen' van toepassing op de opslag van vloeibaar CO₂. In deze BREF worden de volgende BBT genoemd:

Opslag in tanks

Voor opslag in tanks gelden de volgende algemene BBT-eisen:

- Ontwerp van de tank moet geschikt zijn voor het beoogde gebruik;
- Locatie waar de tank wordt geplaatst moet geschikt zijn voor het beoogde gebruik;
- Er moet een goed inspectieprogramma zijn, zodat eventuele gebreken aan de tank tijdig worden geconstateerd;
- Er dient een goed onderhoudsprogramma te zijn voor de tank, zodat het ontstaan van gebreken zoveel mogelijk wordt voorkomen;
- De kleur van de tank moet geschikt zijn voor het beoogde gebruik (i.v.m. reflectie zonlicht en een beperking van de kans op opwarming van de inhoud van de tank);
- Het materiaalgebruik van de tank moet geschikt zijn voor het beoogde gebruik;
- Emissies naar de lucht die kunnen ontstaan bij opslag in een tank, moeten worden gemonitord en geminimaliseerd.

Bij HVC zal aan al deze BBT-eisen worden voldaan. De tank zal voldoen aan de normen en eisen uit de Richtlijn drukapparatuur (2014/68/EU). Tevens functioneert de PGS 9 richtlijn (opslag van cryogene gassen) als leidraad bij het ontwerp van de CO₂-opslagtank, hoewel deze tank groter is dan het maximale opslagvolume waarop de PGS 9 betrekking heeft (100 m³). Daar waar nodig zullen daarnaast specifieke voorzieningen worden getroffen.

Opslag in tanks onder druk

Voor opslag in tanks onder druk geldt de volgende BBT eis:

- BBT voor het aftappen van de opgeslagen stof is het voorkomen van emissies naar de lucht bij aftappen. Welke techniek BBT is, hangt af van het type tank, en moet per geval worden bekeken.

Bij HVC zal bij de opslag in een tanks onder druk worden voldaan aan de normen en eisen uit de Richtlijn drukapparatuur (2014/68/EU). Eventuele emissie die vrijkomt vanuit de tank, wordt gecontroleerd teruggevoerd naar de procesinstallatie.

Risicomanagementsysteem

Ten aanzien van het beperken van risico's die mogelijk kunnen ontstaan bij het opslaan van vloeibaar CO₂ in een opslagtank, gelden de volgende BBT-eisen:

- Het toepassen van een veiligheidsbeheerssysteem/risicomanagementsysteem;
- Het tegengaan van corrosie;
- Het zorgen voor goede training/opleiding voor personeel dat werkzaamheden verricht m.b.t. opslag van vloeibaar CO₂;
- Het hebben van goede procedures en beveiligingssystemen tegen overvullen van de tank;
- Het in werking hebben van een lekdetectiesysteem;
- Het toepassen van bodembeschermende voorzieningen onder de tank;
- Het zorgen voor een adequate brandbeveiliging;
- Ervoor zorgen dat ontstekingsbronnen niet in de buurt van de tank aanwezig kunnen zijn.

Bij HVC zal aan al deze BBT-eisen worden voldaan. De tanks zullen voldoen aan de normen en eisen uit de Richtlijn drukapparatuur (2014/68/EU). Daarnaast moet alle drukapparatuur die een 'Keuring voor ingebruikneming' heeft ondergaan volgens het Warenwetbesluit periodiek worden herkeurd. Deze herkeuring, maar ook reparaties en wijzigingen aan de drukapparatuur zullen door een gecertificeerde keuringsinstantie worden beoordeeld en geïnspecteerd. Het toepassen van bodembeschermende voorzieningen onder de tank is niet nodig, aangezien vloeibaar CO₂ meteen verdampt wanneer dit eventueel vrij zou komen uit de opslagtank. Dit komt in de praktijk overigens niet voor omdat verdampte CO₂ wordt teruggevoerd naar de procesinstallatie.

De tank wordt voorzien van een niveaumeter en een drukmeter. Meetuitslagen van de drukmeter kunnen middels berekeningen tevens informatie geven over de temperatuur in de tank en de aanwezige hoeveelheid CO₂. Een eventuele lekkage van CO₂ gas kan langs deze weg worden opgespoord.

2. Overslag van vloeibaar CO₂

Van de BREF op- en overslag bulkgoederen is het onderdeel 'overslag van vloeistoffen en vloeibaar gemaakte gassen' van toepassing op de overslag van vloeibaar CO₂. In deze BREF worden de volgende BBT genoemd:

- Het hebben van een goed inspectie- en onderhoudsprogramma voor de bij de overslag gebruikte installaties;
- Het hebben van een goed reparatieprogramma, zodat eventuele gebreken aan de bij overslag gebruikte installaties meteen gerepareerd worden;
- Het toepassen van een veiligheidsbeheerssysteem/risicomanagementsysteem;
- Het in werking hebben van een lekdetectiesysteem;
- Emissies naar de lucht die kunnen ontstaan bij opslag in een tank, moeten worden gemonitord en geminimaliseerd.

Daarnaast gelden bij overslag met gebruikmaking van een pomp, de volgende BBT-eisen:

- Zorgen voor een degelijk ontwerp en een goed onderhoudsprogramma voor de pomp;
- Het toepassen van afsluitsystemen (sealing) in pompen en compressoren;
- Het voorkomen van emissie naar de lucht voor vluchtige stoffen.

Bij HVC zal aan al deze BBT-eisen worden voldaan. De tank voldoet aan de normen en eisen uit de Richtlijn drukapparatuur (2014/68/EU). Daarnaast moet alle drukapparatuur die een 'Keuring voor ingebruikneming' heeft ondergaan volgens het Warenwetbesluit periodiek worden herkeurd. Deze herkeuring, maar ook reparaties en wijzigingen aan de drukapparatuur zullen door een gecertificeerde keuringsinstantie worden beoordeeld en geïnspecteerd. Tevens functioneert de PGS 9 richtlijn (opslag van cryogene gassen) als leidraad bij het ontwerp van de CO₂-opslagtank, hoewel deze tank groter is dan het maximale opslagvolume waarop de PGS 9 betrekking heeft (100 m³). Daarnaast zal een onderhoudsprogramma worden opgesteld, dat zal worden geïntegreerd in het huidige onderhouds- en reparatieprogramma van HVC.

3. Overslag van amine-oplossing

Van de BREF op- en overslag bulkgoederen is het onderdeel 'overslag van vloeistoffen en vloeibaar gemaakte gassen' van toepassing op de overslag van de amine-oplossing. In deze BREF worden de volgende BBT genoemd:

- Het hebben van een goed inspectie- en onderhoudsprogramma voor de bij de overslag gebruikte installaties;
- Het hebben van een goed reparatieprogramma, zodat eventuele gebreken aan de bij overslag gebruikte installaties meteen gerepareerd worden;
- Het toepassen van een veiligheidsbeheersysteem/risicomanagementsysteem;
- Het in werking hebben van een lekdetectiesysteem;
- Emissies naar de lucht die kunnen ontstaan bij opslag in een tank, moeten worden gemonitord en geminimaliseerd.

Daarnaast gelden bij overslag met gebruikmaking van een pomp, de volgende BBT-eisen:

- Zorgen voor een degelijk ontwerp en een goed onderhoudsprogramma voor de pomp;
- Het toepassen van afsluitsystemen (sealing) in pompen en compressoren;
- Het voorkomen van emissie naar de lucht voor vluchtige stoffen.

Bij HVC zal aan al deze BBT-eisen worden voldaan. De tank wordt geplaatst boven een lekbak, die is voorzien van een niveaumeter. Hiermee kan een eventuele lekkage van de amine-oplossing worden geconstateerd. Daarnaast zal een onderhoudsprogramma worden opgesteld, dat zal worden geïntegreerd in het huidige onderhouds- en reparatieprogramma van HVC.

2.5 BREF koelsystemen

De BREF koelsystemen is deels van toepassing op het afvangen en zuiveren van CO₂, waarin diverse koelingsstappen aanwezig zijn. Voor de volgende onderdelen van een koelsysteem zijn BBT vastgesteld:

- a) Warmtemanagement;
- b) Energieverbruik;

- c) Watervereisten;
- d) Meevoeren van organismen;
- e) Emissies naar oppervlaktewater;
- f) Emissies naar de lucht;
- g) Emissie van geluid;
- h) Lekpreventie;
- i) Biologische risico's.

Koelinstallaties met ammoniak, (H)CFK's en andere koelmiddelen zijn nadrukkelijk uitgesloten uit de BREF koelsystemen.

a) Warmtemanagement

BBT-eisen op dit onderdeel zijn:

- Het preventief ontwerpen/aanpassen van het proces, zodat er zo min mogelijk warmte vrijkomt en er dus zo min mogelijk gekoeld hoeft te worden;
- Het (indien mogelijk) hergebruiken van warmte die ontstaat binnen het proces;
- Het kiezen van het juiste type koelsysteem, afhankelijk van de mate van afkoeling die wordt gevraagd (tabel 4.1: BAT is bij processtappen met een
 - te verdrijven warmte meer dan 60°C → koeling met droge lucht,
 - te verdrijven warmte tussen 25-60°C → geen duidelijke voorkeur tussen water- of luchtkoeling,
 - te verdrijven warmte minder dan 25°C → waterkoeling.

Binnen de CO₂-afvanginstallatie zijn diverse koelstappen aanwezig:

1) Koeling van de rookgassen (direct contact cooler, DCC). De rookgassen worden gekoeld van 85°C naar 43°C ($\Delta T = 42^\circ\text{C}$). Voor deze koelstap wordt gekozen voor waterkoeling. Het koelwater dat zich in het systeem bevindt, wordt zelf ook gekoeld, van 56°C naar 40°C ($\Delta T = 16^\circ\text{C}$). Voor deze koelstap is het BBT om gebruik te maken van waterkoeling. Er is echter binnen de inrichting van HVC geen koelwater beschikbaar. Daarom is voor er voor deze koelstap voor gekozen om droge luchtkoeling toe te passen.

2) Koelstap in de absorber. Amine-oplossing komt de absorber-koeling binnen met een temperatuur van 62°C en verlaat de koeler met een temperatuur van 40°C ($\Delta T = 22^\circ\text{C}$). Deze koelstap vindt plaats met het binnen het systeem aanwezige koelwater. Waswater betreedt de waswaterkoeler bij een temperatuur van 54°C en verlaat de waswaterkoeler bij een temperatuur van 40°C ($\Delta T = 14^\circ\text{C}$). Deze koelstap vindt plaats met het binnen het systeem aanwezige koelwater.

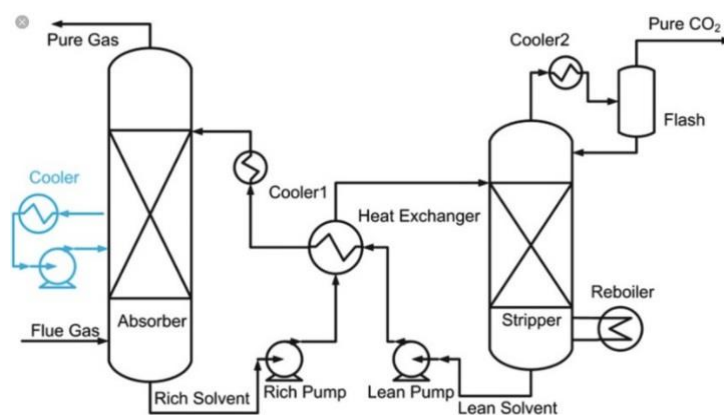
3) Koelstap in de stripper/condenser. CO₂ gas betreedt deze koelstap met een temperatuur van 110°C en verlaat de koeling met een temperatuur van 40°C ($\Delta T = 70^\circ\text{C}$). Het CO₂ gas wordt gekoeld door middel van droge luchtkoeling.

4) Refrigerant koeling. Het betreft hier een ammoniak koeler die aanwezig is in de condensor. Deze koelstap wordt niet getoetst aan de BREF koelsystemen, aangezien koelsystemen met amoniak als koelmiddel nadrukkelijk zijn uitgesloten in deze BREF.

Hergebruik c.q. terugwinning van warmte vindt plaats bij:

- De kruiswarmtewisselaar

Onderstaand schema maakt inzichtelijk op welke wijze er warmte wordt teruggewonnen in de CO₂-afvanginstallatie met de amine adsorptie technologie.



Er is sprake van een kringloop van de amine-oplossing. In relatief koele toestand (25 – 40°C) adsorbeert het amine de CO₂ uit de doorstromende rookgassen. Vervolgens laat deze amine de CO₂ weer los bij verhitting tot ca. 135°C. In deze kringloop wordt de amine-oplossing dus steeds afwisselend koud en heet. Om de benodigde energie hiervoor te beperken maakt de installatie gebruik van een kruiswarmtewisselaar (in figuur aangeduid als Heat Exchanger). Voordat de koude – met CO₂ beladen – amine-oplossing in de stripperkolom komt, neemt het eerst warmte op middels deze warmtewisselaar van de hete – CO₂ arme – amine-oplossing die uit die stripper komt. Andersom geldt hetzelfde: de hete amine-oplossing uit de stripper wordt gekoeld met de koude amine-oplossing die uit de absorber komt.

Een dergelijk proces is nooit 100% efficiënt. Er treden verliezen op tijdens de warmte-overdracht. Daarom is er een aanvullende koeler (voor intrede amine in absorber) en een reboiler (voor intrede amine in stripper) in de aminekringloop opgenomen.

- Benutting aftapstroom van de BEC

In standaard bedrijf (zonder stadswarmte-afzet) en zonder CO₂-afvang kan de BEC alleen elektriciteit produceren als nuttig energetisch product. Dit gebeurt met een stoom-water kringloop en een stoomturbine met een netto elektrisch rendement van ca. 30%. In de zomer is er geen stadswarmtevraag maar juist wel een vraag naar CO₂. De stoom die de afvanginstallatie nodig heeft voor het nawarmen van de amine-oplossing voordat het in de stripper komt (zie onder kruiswarmtewisselaar) wordt

afgetapt uit de stoomturbine, uit een lagere druktrap. Dit houdt in dat de energie in die stoom eerst in de turbine is ingezet om elektriciteit te produceren en in tweede instantie bij lagere druk en temperatuur gebruikt wordt om de lage druk stoom voor de afvang te leveren. Er is daarmee sprake van een warmte-kracht koppeling (WKK), waarmee meer energie gehaald wordt uit de stoom die de BEC produceert. Voor elke 3 GJ stoom die aan de aminekringloop wordt geleverd, gaat slechts 1 GJ aan elektriciteit verloren.

b) Energieverbruik

BBT eis op dit onderdeel is om:

- Bij ontwerp van het koelsysteem rekening te houden met energieverbruik en de mogelijkheden om energie te besparen mee te nemen in het ontwerp.

Bij HVC zal aan deze BBT eis worden voldaan en is energieverbruik en -besparing al in de ontwerpfase een onderdeel waarmee rekening wordt gehouden. OPEX kosten zijn hierbij een aspect van afweging.

HVC streeft ernaar altijd zoveel mogelijk energie te besparen en hergebruik te bevorderen. Een voorbeeld hiervan is het hergebruik van condensaatwater vanuit deze installatie. Het condensaatwater uit het proces wordt hergebruikt in de gaswasinstallatie van de verbrandingslijnen, waardoor de inname van kanaalwater wordt gereduceerd en natuurlijke bronnen worden gespaard.

De terugwinning van warmte uit de kruiswarmtewisselaar en de benutting van aftapstroom van de BEC (zie de vorige paragraaf) zijn tevens voorbeelden van energiebesparing die bij HVC wordt toegepast.

c) Watervereisten

Er wordt binnen de CO₂-afvanginstallatie geen koelwater vanuit het kanaal toegepast. Dit vanwege lozingsvereisten ten aanzien van de temperatuur. Het voldoen aan BBT m.b.t. watervereisten is hier daarom niet van toepassing.

d) Emissies naar de lucht

Bij HVC is er geen sprake van het gebruik van een open natte koeltoren. Het voldoen aan BBT m.b.t. emissies naar de lucht is hier daarom niet van toepassing.

e) Emissie van geluid

Bij HVC is er geen sprake van het gebruik van een koeltoren. Het voldoen aan BBT m.b.t. emissie van geluid is hier daarom niet van toepassing.

f) Lekpreventie

BBT-eisen op dit onderdeel zijn:

- Bij het ontwerp van het koelsysteem wordt rekening houden met temperatuurverschillen die tot haarscheuren kunnen leiden. Haarscheuren moeten worden voorkomen;
- Monitoren van het proces en van het koelwater;
- Het reduceren van corrosie, om corrosieschade te voorkomen;
- Het onmiddellijk (evt. geautomatiseerd) nemen van maatregelen bij het optreden van een lekkage;
- Het zorgen voor een goed systeem van inspectie en onderhoud.

Bij HVC wordt bij het ontwerp en het in gebruik hebben van een koelsysteem rekening gehouden met deze BBT-eisen. Een goed inspectie- en onderhoudssysteem en monitoringsystemen zullen worden geïmplementeerd en geïntegreerd met de huidige monitoring- en onderhoudssystemen van HVC.

g) Biologische risico's

Bij HVC is er geen sprake van het gebruik van een koeltoren. Het voldoen aan BBT m.b.t. biologische risico's is hier daarom niet van toepassing.

2.6 BREF energie-efficiëntie

BBT eis voor energie-efficiëntie op installatieniveau is:

- Het hebben van een goed en compleet energie-efficiëntie management systeem, oftewel een milieu- en kwaliteitszorgsysteem, waarin o.a. aandacht is voor onderwerpen als onderhoud, werkzaamheden, communicatie, training en opleiding, etc.

BBT eis voor energie-efficiëntie in energie-gebruikende systemen is:

- Het goed monitoren van energie-gebruikende onderdelen;
- Het zorgen voor tijdige vervanging van onderdelen;
- Het inplannen van investeringen op het gebied van energiebesparing en het in de ontwerpfase van het systeem al rekening te houden met energiebesparing.

Bij HVC zal aan deze BBT eis worden voldaan en is energieverbruik en -besparing al in de ontwerpfase een onderdeel waarmee rekening wordt gehouden. OPEX kosten zijn hierbij een aspect van afweging. Recent is bij HVC een EED audit uitgevoerd (audit op grond van de Europese Energie Efficiency richtlijn, de EED). Uit deze audit kwam naar voren dat HVC veel doet op het gebied van energiebesparing. Dit zal eveneens gaan gelden voor de nieuw aangevraagde CO₂-afvanginstallatie.



Kuiper & Burger Advies en ingenieursbureau
Jan van Beaumontstraat 1
2805 RN Gouda

t +31 (0)85 – 044 26 00
e info@kuiperburger.nl
w kuiperburger.nl

Artos Milieu- en Omgevingsadvies
Hofdijklaan 49
2374 BS Oud Ade

t 06-25131044
e info@artosmilieu.nl
w www.artosmilieu.nl

TOETS AAN DE NEDERLANDSE RICHTLIJN
VOOR BODEMBESCHERMING (NRB), 2012
voor het plaatsen van een CO₂-afvanginstallatie
bij HVC, locatie Alkmaar

Opdrachtgever: NV HVC
5 juni 2020
PK18024/D05



Rapportnummer: PK18024/D05
Status: Definitief
Datum: 5 juni 2020
Projectleider: ir. Å. C. Norrthon
Auteur: drs. K. Stassen-Flinzner
Tweede lezer: ir. Å. C. Norrthon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding.....	4
1.2	Werkwijze.....	4
1.3	Bodembedreigende stoffen	4
1.4	Bodembeschermende voorzieningen	5
1.5	Overige bodembeschermende voorzieningen	5
1.6	Conclusie	5
2	Bodemrisicoanalyse per activiteit.....	7
2.1	Opslag van stoffen	7
2.1.1	Opslag van amine-oplossing	7
2.1.2	Opslag van CO ₂ (cryogeen)	7
2.1.3	Opslag van overige chemicaliën (vaste stoffen)	7
2.1.4	Opslag van afvalwater / gedegradeerde amine-oplossing.....	7
2.2	Verlading van stoffen.....	8
2.2.1	Verladen van amine-oplossing.....	8
2.2.2	Verladen van CO ₂	8
2.2.3	Verladen van overige chemicaliën (vloeistoffen)	8
2.2.4	Verladen van overige chemicaliën (vaste stoffen)	8
2.2.5	Verladen van afvalwater / gedegradeerde amine-oplossing	8
2.3	Procesactiviteiten	9
2.3.1	CO ₂ afvangunits	9
2.3.2	CO ₂ vervloeiingsunit en condensor	9
2.4	Ondersteunende activiteiten	9
2.4.1	Pompen	9
2.4.2	Bovengrondse leidingen	9
3	Conclusie	11

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

HVC wil een bijdrage leveren aan de doelstelling van de Nederlandse overheid om de uitstoot van broeikasgassen, waarvan CO₂ de belangrijkste is, fors te verminderen. Dit wil HVC doen door CO₂ af te vangen uit afgassen, het CO₂ vloeibaar te maken en dit vervolgens te leveren aan de Noord-Hollandse glastuinbouw.

HVC is voornemens jaarlijks 125.000 ton CO₂ uit de afgassen naar de glastuinbouw te brengen, wat leidt tot ca. 30 miljoen m³ minder gasgebruik per jaar in deze bedrijfstak.

In het kader van de op te stellen milieueffectrapportage en aanvraag om een omgevingsvergunning, onderdeel milieu, is voor deze nieuwe activiteit een bodemrisicoanalyse uitgevoerd op grond van de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming 2012 (NRB). Onderhavig document is het resultaat van de uitgevoerde toets en toont aan dat voor alle bodembedreigende activiteiten die samenhangen met de afvang en levering van CO₂, een verwaarloosbaar bodemrisico wordt gerealiseerd.

1.2 Werkwijze

Wij hebben de activiteiten met HVC doorgenomen en gecontroleerd op volledigheid. Daarna hebben wij alle activiteiten getoetst aan de NRB 2012. Per bedrijfsactiviteit is vastgesteld of er sprake is van een bodembedreigende activiteit en zo ja, of met de combinaties van voorzieningen en maatregelen (cvm) die HVC wil toepassen, een verwaarloosbaar bodemrisico wordt gerealiseerd. Deze toetsing is uitgewerkt in hoofdstuk 2 van dit document.

1.3 Bodembedreigende stoffen

Bij de voorgenomen activiteit worden diverse stoffen gebruikt. De belangrijkste is uiteraard CO₂. Op- en overslag van CO₂ vindt plaats onder cryogene condities, dat wil zeggen dat het CO₂ vloeibaar is. Wanneer een lekkage optreedt, zal het CO₂ echter direct verdampen en vervliegen naar de lucht. Daarom wordt CO₂ niet aangemerkt als een bodembedreigende stof.

Andere stoffen die in het voorgenomen proces voorkomen, zijn: amine-oplossing, ammonia (oplossing van ammoniak (NH₃) in water), natronloog, anti-schuimmiddel, silicagel en actief kool. Deze chemicaliën, met uitzondering van actief kool, worden allen als bodembedreigend beschouwd.

Tenslotte is er sprake van gebruik van smeeroïlen e.d. voor onderhoud van de installatie. Deze materialen zijn bodembedreigend.

In hoofdstuk 2 wordt per bodembedreigende activiteit vermeld welke cvm wordt toegepast en welke categorie bodemrisico door het toepassen van de cvm wordt bereikt.

1.4 Bodembeschermende voorzieningen

Alle onderdelen binnen de CO₂-afvanginstallatie waarbinnen een bodembedreigende activiteit plaatsvindt, worden geplaatst op een nieuw aan te leggen vloeistofdichte voorziening.

1.5 Overige bodembeschermende voorzieningen

Ten aanzien van de overige bodembeschermende maatregelen zal HVC bij de voorgenomen activiteit hetzelfde beleid voeren als reeds wordt gevoerd voor de bestaande installaties. Naast vloeistofdichte voorzieningen is er aandacht voor aanvullende maatregelen, waaronder het uitvoeren van inspecties, toezicht houden op het uitvoeren van bodembedreigende activiteiten, de aanwezigheid van noodvoorzieningen en opruimfaciliteiten en opleiding van het personeel. In hoofdstuk 2 wordt per bodembedreigende activiteit vermeld welke maatregelen worden getroffen.

1.6 Conclusie

In hoofdstuk 2 wordt per bodembedreigende activiteit uitgewerkt welke cvm wordt toegepast en welke categorie bodemrisico hiermee wordt bereikt. In de tabel hieronder is een samenvatting gegeven van de getroffen voorzieningen en maatregelen.

Bodembedreigende activiteit	Toegepaste CVM	Bodemrisico categorie
Opslag van amine-oplossing (zowel vers als gebruikt)	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 1.2 Nummer cvm: IV	verwaarloosbaar bodemrisico
Opslag van CO ₂ (cryogeen)	Bodembedreigend: nee (CO ₂ verdampt) Nummer BRCL: - Nummer cvm: -	Niet bodembedreigend
Opslag van overige chemicaliën (vaste stoffen)	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 3.3.1 Nummer cvm: II	verwaarloosbaar bodemrisico
Opslag van afvalwater / gedegradeerde amine-oplossing	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 1.3 Nummer cvm: IV	verwaarloosbaar bodemrisico
Verladen van amine-oplossing	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 2.1.2 Nummer cvm: III	verwaarloosbaar bodemrisico
Verladen van CO ₂	Bodembedreigend: nee (CO ₂ verdampt) Nummer BRCL: - Nummer cvm: -	Niet bodembedreigend

Verladen van overige chemicaliën (vloeistof)	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 2.1.2 Nummer cvm: III	verwaarloosbaar bodemrisico
Verladen van overige chemicaliën (vaste stof)	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 3.3.1 Nummer cvm: II	verwaarloosbaar bodemrisico
Verladen van afvalwater / gedegreerde amine-oplossing	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 2.1.2 Nummer cvm: III	verwaarloosbaar bodemrisico
CO ₂ afvangunits (bestaande uit: direct contact cooler(DCC) , absorber, warmtewisselaar, desorber (stripper)	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 4.1 Nummer cvm: III	verwaarloosbaar bodemrisico
CO ₂ vervloeiingsunit en condensor	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 4.1 Nummer cvm: III	verwaarloosbaar bodemrisico
Pompen	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 2.3.2 Nummer cvm: II	verwaarloosbaar bodemrisico
Bovengrondse leidingen	Bodembedreigend: ja Nummer BRCL: 2.2.2 Nummer cvm: I	verwaarloosbaar bodemrisico

2 BODEMRISICOANALYSE PER ACTIVITEIT

2.1 Opslag van stoffen

2.1.1 Opslag van amine-oplossing

De opslag van verse amine-oplossing vindt plaats in een tank met een maximale inhoud van 183 m³, die wordt geplaatst op een vloeistofdichte voorziening. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 1.2: Opslag in bovengrondse tank verticaal met bodemplaat. Cvm nummer IV wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, periodieke inspectie en controle vloeistofdichte voorziening, tankinspectie en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.1.2 Opslag van CO₂ (cryogeen)

Deze activiteit is niet bodembedreigend. De opslagconditie van het CO₂ is cryogeen. Dit betekent dat het CO₂ onder druk en bij zeer lage temperatuur vloeibaar is. Echter, zodra een lekkage in de opslagtank optreedt, zal door de hogere temperatuur en de lagere druk, het CO₂ direct verdampen. In gasvorm zal het vervliegen naar de lucht en dus niet op en in de bodem terecht komen.

2.1.3 Opslag van overige chemicaliën (vaste stoffen)

De opslag van overige chemicaliën (adsorbent, bestaande uit amorf siliciumoxide SiO₂), vindt plaats in emballage zoals deze door de leverancier wordt aangeleverd, te weten stalen vaten en zakken. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 3.3.1: Op- en overslag vaste stoffen in emballage. Cvm nummer II wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, periodieke inspectie en controle vloeistofdichte voorziening, visueel toezicht en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.1.4 Opslag van afvalwater / gedegradeerde amine-oplossing

Uit de CO₂-afvanginstallatie komt een incidentele verontreinigde waterstroom vrij die ontstaat bij het reinigen van de amine-oplossing (gedegradeerde amine-oplossing). Dit stripwater wordt opgeslagen in een sloptank, in afwachting van afvoer naar een erkende verwerker. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 1.3: Opslag in bovengrondse tank vrij van de ondergrond opgesteld. Cvm nummer IV wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, periodieke inspectie en controle vloeistofdichte voorziening, tankinspectie en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.2 Verlading van stoffen

2.2.1 Verladen van amine-oplossing

Verse amine-oplossing wordt vanuit vrachtwagens gelost in de amine-oplossing opslagtank. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 2.1.2: Overslag en intern transport bulkvloeistoffen, onderbelading en onderlossing. Cvm nummer III wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, overvulbeveiliging op het te vullen object, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorziening, los- en laadinstructie met aandacht voor positie aansluitpunten en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.2.2 Verladen van CO₂

Deze activiteit is niet bodembedreigend. De leveringsconditie van het CO₂ is cryogeen. Dit betekent dat het CO₂ onder druk en bij zeer lage temperatuur vloeibaar is. Echter, zodra een lekkage in de tankwagen optreedt, zal door de hogere temperatuur en de lagere druk, het CO₂ direct verdampen. In gasvorm zal het vervliegen naar de lucht en dus niet op en in de bodem terecht komen.

2.2.3 Verladen van overige chemicaliën (vloeistoffen)

Overige chemicaliën, waaronder natronloog, worden niet apart opgeslagen, maar worden direct in de installatie toegevoerd. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 2.1.2: Overslag en intern transport bulkvloeistoffen, onderbelading en onderlossing. Cvm nummer III wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, overvulbeveiliging op het te vullen object, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorziening, los- en laadinstructie met aandacht voor positie aansluitpunten en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.2.4 Verladen van overige chemicaliën (vaste stoffen)

Overige chemicalien, waaronder adsorbent (amorf SiO₂) worden aangeleverd in emballage en vanuit de emballage toegevoerd aan de installatie. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 3.3.1: Op- en overslag vaste stoffen in emballage. Cvm nummer II wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorziening, visueel toezicht en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.2.5 Verladen van afvalwater / gedegradeerde amine-oplossing

Gedegradeerde amine-oplossing wordt vanuit de sloptank geladen in de tankwagens. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 2.1.2: Overslag en intern transport bulkvloeistoffen, onderbelading en onderlossing. Cvm nummer III wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, overvulbeveiliging op

het te vullen object, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorziening, los- en laadinstructie met aandacht voor positie aansluitpunten en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.3 Procesactiviteiten

2.3.1 CO₂ afvangunits

De CO₂-afvangunits vallen onder BRCL nummer 4.1: Gesloten proces of bewerking. Dit proces is bodembedreigend omdat naast afgassen en CO₂, ook een amine-oplossing, natronloog en smeermiddelen in de installatie aanwezig zijn. Cvm nummer III wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorziening en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.3.2 CO₂ vervloeingsunit en condensor

De CO₂ vervloeingsunit en -condensor, waarmee het CO₂ in cryogene toestand wordt gebracht, valt onder BRCL nummer 4.1: Gesloten proces of bewerking. Dit proces is bodembedreigend omdat naast CO₂ ook silicagel, actief kool en smeermiddelen in de installatie aanwezig zijn. Cvm nummer III wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorziening en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.4 Ondersteunende activiteiten

2.4.1 Pompen

Met de binnen de installatie aanwezige pompen worden diverse van de hierboven genoemde bodembedreigende stoffen verpompt. Daarnaast is sealvloeistof aanwezig in de installatie. Hierdoor is sprake van een bodembedreigend proces. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 2.3.2: Pomp met zwetende seals en afdichtingen. Cvm nummer II wordt toegepast, te weten de aanwezigheid van een vloeistofdichte voorziening, aandacht voor hemelwaterafvoer, periodieke inspectie en controle van de vloeistofdichte voorzieningen, visueel toezicht en algemene zorg. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

2.4.2 Bovengrondse leidingen

Via bovengrondse leidingen worden diverse van de hierboven genoemde bodembedreigende stoffen tussen de verschillende installatie-onderdelen getransporteerd. Er is sprake van een bodembedreigend proces. Deze activiteit valt onder BRCL nummer 2.2.2: Leidingtransport – bovengrondse leiding. Cvm nummer I wordt toegepast, te weten enkelwandige leiding en aandacht voor appendages, leidinginspectie en instellen van een onderhoudsprogramma

afgestemd op de resultaten van de leidinginspectie, visueel toezicht en voldoende opruimfaciliteiten en kennis bij het personeel. Hiermee wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.

3 CONCLUSIE

De te realiseren CO₂-afvanginstallatie is getoetst aan de NRB 2012. Voor alle onderdelen van de installatie waarbinnen bodembedreigende activiteiten plaatsvinden, wordt een verwaarloosbaar bodemrisico bereikt.



Kuiper & Burger Advies en ingenieursbureau
Jan van Beaumontstraat 1
2805 RN Gouda

t +31 (0)85 – 044 26 00
e info@kuiperburger.nl
w kuiperburger.nl

Artos Milieu- en Omgevingsadvies
Hofdijklaan 49
2374 BS Oud Ade

t 06-25131044
e info@artosmilieu.nl
w www.artosmilieu.nl

ZZS-STUDIE

voor het plaatsen van een CO₂-afvanginstallatie bij HVC, locatie Alkmaar

Opdrachtgever: NV HVC

31 augustus 2020

PK18024/D06



MILIEU
VEILIGHEID
RUIMTELIJKE ORDENING

www.kuiperburger.nl, www.artos.nl

Rapportnummer: PK18024/D06
Status: Definitief
Datum: 31 augustus 2020
Projectleider: ir. Å. C. Norrthon
Auteur(s): drs. K. Stassen-Flinzner, dr. D.E. Groot
Tweede lezer: ir. Å. C. Norrthon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Algemene beschrijving voorgenomen activiteit	5
3	Toetsingskader ZZS	6
3.1	Wettelijk kader	6
3.2	Identificatie ZZS	6
3.3	ZZS emissie vanuit de CO ₂ -afvanginstallatie	7
4	Toetsing ZZS aan de grenswaarden	9
4.1	Optredende emissiewaarden	9
4.2	Toetsing aan de grenswaarden	10
4.2.1	Toetsing aan de vrijstellingsgrens	11
4.2.2	Toetsing aan de grensmassastroom en de emissiegrenswaarde	12
4.3	Immissietoets ZZS	13
4.3.1	Immissie acetaldehyde	14
4.3.2	Immissie formaldehyde	16
4.3.3	Toetsing immissieniveaus aan de MTR	18
5	Vermijdings- en reductieprogramma	19
5.1.1	Emissiesituatie.....	19
5.1.2	Onderzoek bronaanpak	20
5.1.3	Onderzoek reductiemethoden	21
5.1.4	Immissietoets	22
5.1.5	Prioritering en opstellen van maatregelen.....	22
5	conclusie	23

1 INLEIDING

HVC is voornemens om op de locatie te Alkmaar CO₂ uit de afgassen van de bio-energiecentrale (BEC) en de 4^e verbrandingslijn van de afvalenergiecentrale (AEC) af te vangen middels een CO₂-afvanginstallatie. Voor de voorgenomen activiteit wordt een m.e.r.-procedure doorlopen en een omgevingsvergunning aangevraagd. In dit kader wordt in deze rapportage de emissie van Zeer Zorgwekkende Stoffen (verder in dit rapport: ZZS) in kaart gebracht en getoetst aan de hiervoor geldende grenswaarden.

2 ALGEMENE BESCHRIJVING VOORGENOMEN ACTIVITEIT

In de CO₂-afvanginstallatie worden de afgevangen afgassen gekoeld, gewassen en wordt de hierin aanwezige CO₂ geabsorbeerd in een amine-oplossing. Vervolgens vindt desorptie van CO₂ uit de amine-oplossing plaats en wordt de teruggewonnen CO₂ vloeibaar gemaakt, waarna het per tankwagen naar de klant vervoerd kan worden. De CO₂-arme amine-oplossing wordt gekoeld voor hergebruik en teruggeleid naar de absorber. De CO₂-arme afgassen die vanuit de absorberkolom worden geëmitteerd, worden voorafgaand aan emissie door een wasstap geleid om de beperkte hoeveelheid van (mogelijk) hierin aanwezige amines verder te minimaliseren.

In deze rapportage worden de emissiepunten beschouwd die potentiële bronnen van ZZS-emissie zouden kunnen zijn.

3 TOETSINGSKADER ZZS

3.1 Wettelijk kader

Het overheidsbeleid ten aanzien van ZZS is vastgelegd in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Abm). Dit besluit verplicht bedrijven om lozingen van ZZS naar water en emissie van ZZS naar de lucht te voorkomen of, indien dit niet haalbaar is, zoveel mogelijk te beperken (de zogenaamde minimalisatieverplichting).

Artikel 2.3b in het Abm definieert ZZS als volgt:

‘Een stof die voldoet aan een of meer van de criteria of voorwaarden, bedoeld in artikel 57 van EG-verordening registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen (REACH verordening)’.

De identificatie van een stof als een ZZS stof op basis van de criteria in artikel 57 van de REACH verordening vindt plaats met behulp van diverse Nederlandse en Europese stoffenlijsten, waaronder de CLP verordening (EG 1272/2008), de REACH kandidaatlijst van ‘Substances of Very High Concern’ (SVHC), de POP verordening (EU 2019/1021), de Kaderrichtlijn water (2000/60/EG) en de OSPAR lijst.

3.2 Identificatie ZZS

Omdat de grote verscheidenheid aan nationale en internationale stoffenlijsten veel onduidelijkheid oplevert, heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (het RIVM) alle bovengenoemde lijsten gebundeld in twee eigen stoffenlijsten: de ZZS lijst en de ‘potentieel ZZS’ lijst. De ZZS lijst wordt tweemaal per jaar bijgewerkt op grond van wijzigingen in de bovengenoemde wetgeving en verdragen. Via een zoekfunctie op de website van het RIVM kan worden nagegaan of een stof (of stofgroep) wordt genoemd op de ZZS lijst of op de ‘potentieel ZZS’ lijst.

In deze rapportage is van de verschillende stoffen die (mogelijk) geëmitteerd worden vanuit de CO₂-afvanginstallatie nagegaan of deze voorkomen op een van de twee lijsten van het RIVM. De ZZS zijn geïdentificeerd aan de hand van de meest actuele versie van deze lijsten (juli 2019). Op de lijsten is terug te vinden op basis van welke wetgeving een stof als (potentieel) ZZS is aangemerkt. Ook zijn de stofklassen (MVP1, MVP2 of ERS), grensmassastroom en emissiegrenswaarde voor de diverse stoffen in de RIVM-lijsten opgenomen.

3.3 ZZS emissie vanuit de CO₂-afvanginstallatie

Het proces heeft slechts één emissiepunt waar mogelijk ZZS kunnen vrijkomen, te weten het emissiepunt bovenaan de absorberkolom. Bij dit emissiepunt wordt behandeld, dus CO₂-arm, afgas geëmitteerd naar de buitenlucht. Veruit de meeste componenten die zich in dit behandelde afgas bevinden, zijn eveneens aanwezig in afgas dat in de huidige situatie geëmitteerd wordt via de schoorstenen van de BEC en de AEC, zonder dat deze door de CO₂-afvanginstallatie worden geleid. Het kan gaan om componenten als CO, SO₂, NO₂, PM₁₀, sporen van zware metalen, e.d. De emissie van deze componenten neemt niet toe door behandeling van het afgas in de CO₂-afvanginstallatie en zijn derhalve gelijk aan de huidige situatie. Zodoende vallen deze componenten onder de vigerende vergunning en zijn deze niet meegenomen in deze ZZS toetsing.

Er is ook een aantal componenten dat in behandeld afgas aanwezig kan zijn, dat ontstaat bij het proces dat plaatsvindt in de absorber van de CO₂-afvanginstallatie zelf. Het betreft hier diverse soorten amines die gevormd worden als degradatieproduct van de gebruikte amine-oplossing, alsmede enkele soorten aldehydes. Deze componenten zijn getoetst aan de ZZS lijst en de 'potentieel ZZS' lijst van het RIVM. De volgende componenten zijn geïdentificeerd:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| - Acetaldehyde | ZZS lijst |
| - Formaldehyde | ZZS lijst |
| - Benzaldehyde | Potentieel ZZS lijst |
| - N-nitrosodimethylamine (NDMA) | ZZS lijst |
| - N-nitrosomorpholine (NMOR) | Potentieel ZZS lijst |
| - N-nitrosodiisopropylamine (NDIPA) | Groep (dier)geneesmiddelen |
| - N-nitrosopyrrolidine (NPYR) | Groep (dier)geneesmiddelen |
| - N-nitrosopiperidine (NPIP) | Groep (dier)geneesmiddelen |

De verbindingen die onder de groep (dier)geneesmiddelen vallen, worden niet als zelfstandige stof genoemd op de ZZS lijst of de 'potentieel ZZS' lijst. (Dier)geneesmiddelen staan echter wel als groep genoemd op de ZZS lijst. Zodoende worden deze verbindingen hier meegenomen.

In een demoplant is een gespecialiseerde meting uitgevoerd aan de geëmitteerde afgassen om van deze geïdentificeerde stoffen de emissieconcentraties vast te stellen. Voor al de genoemde amines geldt dat de emissieconcentratie niet exact kon worden vastgesteld, omdat deze beneden de detectiewaarde van 0,01 µg/m³ lag.

Gezien de soorten amines die in de absorber kunnen ontstaan en waaraan gemeten is, gaan wij ervan uit dat ook de amine N-nitrosodipropylamine (NDPA) aanwezig kan zijn in het behandelde afgas (evenals de andere amines in een emissieconcentratie beneden de detectiegrens). Omdat de stof voorkomt op de ZZS lijst wordt deze, ondanks dat hieraan niet gemeten is, in de ZZS toetsing meegenomen:

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| - N-Nitrosodipropylamine (NDPA) | ZZS lijst |
|---------------------------------|-----------|

Naast het bovengenoemde emissiepunt bovenaan de absorberkolom, is er nog een ander emissiepunt aanwezig binnen de CO₂-afvanginstallatie. Het betreft hier een emissie vanuit de opslagtank voor de amine-oplossing. Tijdens normale bedrijfsvoering vindt er geen emissie plaats vanuit deze opslagtank, maar tijdens het vullen hiervan kan er verdringingslucht, gemengd met amine-rijk gas, geëmitteerd worden.

Vullen van de tank vindt maximaal twee keer per jaar plaats, na ca. 4.000 draaiuren van de installatie. Als gevolg van het vullen van de tank kan er maximaal 37,5 Nm³ gas per uur geëmitteerd worden. Per jaar bedraagt deze emissie maximaal 70 Nm³. Deze gasstroom bevat naast verdringingslucht 15-25 ppm (v) amine-rijk gas.

Een van de componenten die aanwezig is in de amine-oplossing die wordt toegepast binnen de CO₂-afvanginstallatie (Oase Blue) is piperazine. Deze heterocyclische verbinding komt niet voor op de ZZS lijst en op de Potentieel ZZS lijst van het RIVM en valt evenmin onder een van de stofgroepen die worden genoemd in het overzicht van de ZZS deellijsten (er is een stofgroep genaamd 'aromatische amines', maar piperazine is geen aromatische verbinding). Wel wordt deze verbinding genoemd op de lijst 'Stofklassen voor luchtemissies'.

Hoewel piperazine geen ZZS of Potentieel ZZS is, is op verzoek van het bevoegd gezag de emissie van piperazine meegenomen in deze ZZS-studie.

4 TOETSING ZZS AAN DE GRENSWAARDEN

4.1 Optredende emissiewaarden

In tabel 1a zijn de emissieconcentraties en emissievrachten weergegeven voor de verschillende ZZS die vanuit de absorberkolom worden geëmitteerd. Dit betreft het enige punt in de CO₂-afvanginstallatie waar emissie van ZZS (kan) optreden.

Tabel 1a. Emissieconcentratie, afgasdebiet, bedrijfsuren en jaarvrachten.

Stof	Emissieconcentratie [mg/m ³]	Afgasdebiet [Nm ³ /uur]	Afgasdebiet* [m ³ /uur]	Bedrijfsuren [uur/jaar]	Emissievracht [kg/jaar]
Acetaldehyde	< 0,30	69.272	82.573	8760	< 217,0
Formaldehyde	< 0,40	69.272	82.573	8760	< 289,3
Benzaldehyde	< 0,02	69.272	82.573	8760	< 14,5
NDMA	< 0,01 x 10 ⁻³	69.272	82.573	8760	< 7,23 x 10 ⁻³
NMOR	< 0,01 x 10 ⁻³	69.272	82.573	8760	< 7,23 x 10 ⁻³
NDIPA	< 0,01 x 10 ⁻³	69.272	82.573	8760	< 7,23 x 10 ⁻³
NPYR	< 0,01 x 10 ⁻³	69.272	82.573	8760	< 7,23 x 10 ⁻³
NPIP	< 0,01 x 10 ⁻³	69.272	82.573	8760	< 7,23 x 10 ⁻³
NDPA	< 0,01 x 10 ⁻³	69.272	82.573	8760	< 7,23 x 10 ⁻³

*In de technische gegevens van de installatie wordt het afgasdebiet vermeld in Nm³. Dit is het volume in m³ bij 0°C (273,15 K) en p₀ = 1 atm. = 1,01325 bar = 101 325 Pa. Bij uittreding van de gasstroom is er echter sprake van een temperatuur van 46°C (319,15 K) en een druk van 0,99 bar = 99.000 Pa. Om het afgasdebiet in m³ bij de geldende omstandigheden te kunnen hanteren, is het aantal Nm³ omgerekend naar het aantal m³ met gebruikmaking van de formule: $P_0 \cdot V_0 / T_0 = P \cdot V / T$ (met T in Kelvin en P in Pascal).

De amine-oplossing die in de opslagtank wordt opgeslagen (Oase Blue) is een mengsel van diverse amineverbindingen. Een ervan is piperazine.

Om te bepalen of een mengsel als ZZS moet worden behandeld, worden de definities en regels voor mengsels gevolgd van de CLP (Classification, Labelling and Packaging)-, REACH (Registratie, Evaluatie en Autorisatie van Chemicaliën)- en POP (Persistente organische verontreinigende stof)-verordeningen. Over het algemeen geldt een concentratiegrens van 0,1 gewichtsprocent. Een mengsel dat een ZZS bevat in een concentratie van 0,1% (m) of meer, geldt dus zelf ook als ZZS. Hoewel piperazine formeel geen ZZS of potentieel ZZS is, wordt deze concentratiegrenswaarde hier aangehouden.

Uit de MSDS (Material Safety Data Sheet) van Oase Blue blijkt op basis van bovenstaande dat dit mengsel een gehalte van ≥ 14,5 % - ≤ 16 % (gewichtsprocent) piperazine bevat. Dit betekent dat Oase Blue als geheel als ZZS moet worden beschouwd.

De gasstroom die vrijkomt bij het vullen van de opslagtank van de amine-oplossing bevat naast verdringingslucht 15-25 ppm (v) amine-rijk gas. Ter vereenvoudiging wordt in deze studie een gehalte van 25 ppm (v) gehanteerd (het worst case scenario). De emissiewaarden die hieruit volgen, zijn weergegeven in tabel 1b.

Tabel 1b. Emissie van piperazine vanuit de opslagtank

Stof	Afgasdebiet [Nm ³ /uur]	Afgasdebiet [Nm ³ /jaar]	Emissievracht [kg/uur]	Emissievracht [kg/jaar]
Piperazine	9,38 x 10 ⁻⁴	1,75 x 10 ⁻³	0,98	1,82

De in tabel 1b genoemde emissiewaarden zijn berekend aan de hand van de in de MSDS van Oase Blue gegeven dichtheid van 1,04 gr/cm³. Deze dichtheid geldt volgens de MSDS bij een temperatuur van 30°C. In de meeste gevallen zal de omgevingstemperatuur bij het vullen van de tank lager liggen dan 30°C, waardoor de dichtheid in de praktijk enigszins hoger zal liggen dan 1,04 gr/cm³. Daardoor kan ook de berekende emissievracht bij lagere temperaturen wat hoger kan liggen dan benoemd in de tabel. Zoals blijkt uit paragraaf 4.2.1 van deze ZZS-studie, waarin de genoemde emissievracht wordt getoetst aan de vrijstellingsgrens in artikel 2.6 van het Abm, heeft deze kleine temperatuur-gerelateerde toename geen effect op de uitkomst van de toetsing.

4.2 Toetsing aan de grenswaarden

De optredende emissies van ZZS dienen te worden getoetst aan de hiervoor geldende normen. Deze normen zijn opgenomen in afdeling 2.3 (de artikelen 2.4, 2.5 en 2.6) van het Abm.

In tabel 2.5 (artikel 2.5) is voor elke stofklasse een grensmassastroom en een emissiegrenswaarde opgenomen, waaraan de emissie van een ZZS moet worden getoetst. De geldende grenswaarden uit deze tabel voor de ZZS die (kunnen) worden geëmitteerd vanuit de CO₂-afvanginstallatie zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Emissiegrenswaarden (Info: Activiteitenbesluit, tabel 2.5).

Stof	Stofcategorie	Stofklasse	Grensmassaastroom [g/uur]	Emissiegrenswaarde [mg/Nm ³]
Acetaldehyde	Aldehydes	MVP2	2,5	1
Formaldehyde	Aldehydes	MVP2	2,5	1
Benzaldehyde	Aldehydes	gO.1	100	20
NDMA	-	MVP2	2,5	1
NMOR	(Dier)geneesmiddelen	-	-	-
NDIPA	(Dier)geneesmiddelen	-	-	-
NPYR	(Dier)geneesmiddelen	-	-	-
NPIP	(Dier)geneesmiddelen	-	-	-
NDPA	-	MVP2	2,5	1
Piperazine	-	gO.1	100	20

4.2.1 Toetsing aan de vrijstellingsgrens

Er geldt een uitzondering op de verplichting tot toetsen aan de normen voor emissiebronnen waarbij de emissievracht (massaastroom) van de geëmitteerde ZZS zodanig laag is, dat deze bron als niet relevant kan worden beschouwd. Artikel 2.6 in het Abm formuleert deze zogenoemde vrijstelling als volgt:

‘Indien de massaastroom van een bron op jaarbasis kleiner is dan de in tabel 2.6 genoemde vrijstellingsgrens gelden in afwijking van [artikel 2.5](#) en de emissiegrenswaarden voor stoffen waarvoor in [hoofdstuk 4](#) eisen aan emissies naar de lucht zijn gesteld, de daarin genoemde emissiegrenswaarden niet voor de emissie van die bron’.

Op grond van de systematiek van het Abm en de Activiteitenregeling milieubeheer (Arm) wordt eerst getoetst of de emissievracht voor een emissiebron de vrijstellingsgrens conform tabel 2.6 Abm overschrijdt. Indien deze grenswaarde niet overschreden wordt, wordt de bron ten aanzien van de betreffende stofcategorie/stofklasse als niet-milieurelevant beschouwd en is een verdere toetsing voor deze stofcategorie/stofklasse niet nodig.

Tabel 3. Toetsing massastromen aan de vrijstellingsgrens (Info: Activiteitenbesluit, tabel 2.6).

Stof	Stofcategorie	Stofklasse	Emissievracht [kg/jaar]	Vrijstellingsgrens [kg/jaar]
Acetaldehyde	Aldehydes	MVP2	< 217,0	1,25
Formaldehyde	Aldehydes	MVP2	< 289,3	1,25
Benzaldehyde	Aldehydes	gO.1	< 14,5	50
NDMA	-	MVP2	< 7,23 x 10 ⁻³	1,25
NMOR	(Dier)geneesmiddelen	-	< 7,23 x 10 ⁻³	-
NDIPA	(Dier)geneesmiddelen	-	< 7,23 x 10 ⁻³	-
NPYR	(Dier)geneesmiddelen	-	< 7,23 x 10 ⁻³	-
NPIP	(Dier)geneesmiddelen	-	< 7,23 x 10 ⁻³	-
NDPA	-	MVP2	< 7,23 x 10 ⁻³	1,25
Piperazine	-	gO.1	1,82	50

Uit tabel 3 blijkt dat de emissievracht van de diverse amines die bij het emissiepunt bovenaan de absorberkolom kunnen ontstaan (slechts 7,23 x 10⁻³ kg/jaar), ca. een factor 1.000 lager ligt

dan de vrijstellingsgrens van 1,25 kg/jaar voor deze categorie ZZS. Verdere toetsing aan de vastgestelde grensmassastromen en emissiegrenswaarden in tabel 2.5 van het Abm is voor deze amines daarom niet nodig.

Voor de amine piperazine, die ten gevolge van vullen wordt geëmitteerd bij het emissiepunt van de opslagtank voor de amine-oplossing, geldt dat de optredende emissievracht ruim een factor 25 lager ligt dan de vrijstellingsgrens van 50 kg/jaar voor stofklasse gO.1. Zoals hierboven is beschreven in paragraaf 4.1, is de emissievracht enigszins afhankelijk van de temperatuur waarbij de emissie optreedt en kan deze wat hoger uitvallen als de temperatuur lager ligt dan 30°C. De kubieke uitzettingscoëfficiënten van vloeistoffen liggen over het algemeen tussen de 0,5 en de 1,5 [$10^{-3} \text{m}^3/\text{m}^3 \text{K}^{-1}$]. Het gaat om duizendsten m^3/s , dus een marginale uitzetting/krimp. De dichtheid is omgekeerd evenredig met het volume en dus met de uitzetting/krimp van de vloeistof bij een veranderende temperatuur. Dit betekent dat ook de dichtheid slechts marginaal verandert. Een lagere omgevingstemperatuur dan 30°C kan daarom niet leiden tot zodanig grotere dichtheid dat de emissievracht met een factor 25 stijgt. We kunnen daarom concluderen dat de emissievracht van piperazine lager ligt dan de vrijstellingsgrens in artikel 2.6 van het Abm en dat verdere toetsing aan de vastgestelde grensmassastromen en emissiegrenswaarden in tabel 2.5 van het Abm niet nodig is.

Hetzelfde geldt voor de ZZS benzaldehyde. De emissievracht van deze stof blijft met een waarde van 14,5 kg/jaar beneden de vrijstellingsgrens van 50 kg/jaar voor stofklasse gO.1.

In deze rapportage zal gezien bovenstaande geen verdere toetsing plaatsvinden voor amines en benzaldehyde, maar uitsluitend voor de ZZS acetaldehyde en formaldehyde, waarvan de emissievracht de vrijstellingsgrens overschrijdt.

4.2.2 Toetsing aan de grensmassastroom en de emissiegrenswaarde

Voor de ZZS acetaldehyde en formaldehyde is een verdere toetsing uitgevoerd aan de normen (grensmassastroom en emissiegrenswaarde) die zijn opgenomen in tabel 2.5 van het Abm. Het resultaat van de toetsing is weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. Toetsing aan de grensmassastroom en de emissiegrenswaarde (Info: Activiteitenbesluit, tabel 2.5) .

Stof	Afgasdebiet [m^3/uur]	Emissievracht [g/uur]	Grensmassa- stroom [g/uur]	Emissie- concentratie [mg/m^3]	Emissie- grenswaarde [mg/m^3]
Acetaldehyde	82.573	< 24,8	2,5	<0,30	1
Formaldehyde	82.573	< 33,0	2,5	<0,40	1

Uit de toetsing komt naar voren dat zowel voor acetaldehyde als voor formaldehyde de grensmassastroom wordt overschreden. Voor dergelijke gevallen stelt artikel 2.5, lid 1 van het Abm het volgende:

‘Indien de som van de onder normale procesomstandigheden gedurende één uur optredende massastromen van stoffen in de stofcategorieën ZZS, sA en gO naar de lucht binnen eenzelfde stofklasse vanuit alle puntbronnen in de inrichting de in tabel 2.5 opgenomen

grensmassaastroom van die stofklasse overschrijdt, is de emissieconcentratie van die stofklasse per puntbron niet hoger dan de in tabel 2.5 opgenomen emissiegrenswaarde behorende bij die stofklasse'.

Voor de stofgroep aldehydes, waar acetaldehyde en formaldehyde onder vallen, geldt dat de som van de emissievrachten boven de grensmassaastroom van 2,5 g/uur uitkomt. Dit gebeurt zelfs al voor acetaldehyde en formaldehyde als aparte stof. Zoals gesteld in artikel 2.15, lid 1, van het Abm dient bij een overschrijding van de grensmassaastroom de emissieconcentratie van deze stofklasse per puntbron niet hoger te zijn dan de in tabel 2.5 opgenomen emissiegrenswaarde voor die stofklasse.

De som van de emissieconcentraties van deze aldehydes bedraagt max. 0,70 mg/m³ (worst case scenario). Deze waarde blijft daarmee beneden de in tabel 2.5 vastgestelde emissiegrenswaarde van 1 mg/m³. Hiermee wordt ten aanzien van de emissie naar de lucht van ZZS voldaan aan de normen in artikel 2.5, lid 1 van het Abm.

4.3 Immissietoets ZZS

Hoewel voor alle geïdentificeerde ZZS de emissieconcentratie beneden de vastgestelde emissiegrenswaarde dan wel beneden de vrijstellingsgrens blijft, is er voor acetaldehyde en formaldehyde wel sprake van een overschrijding van de voorgeschreven grensmassaastroom (zie tabel 4).

Als bij een bedrijf de emissie van een ZZS de vastgestelde grensmassaastroom overschrijdt, dan dient het bedrijf inzicht te geven in hoe de emissie van deze ZZS kan bijdragen aan de immissie. Het bevoegd gezag toetst vervolgens de uitgerekenende immissieniveaus in de lucht aan het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR). Artikel 2.4, lid 5, van het Abm zegt hierover:

'Indien bij activiteiten emissies van zeer zorgwekkende stoffen naar de lucht plaatsvinden, leiden de emissiewaarden van die stoffen, genoemd in [artikel 2.5](#), niet tot overschrijding van het maximaal toelaatbaar risiconiveau van de immissieconcentratie van die stof'.

De MTR waarden staan vermeld in bijlage 13 van de Arm. Voor stoffen waarvoor nog geen MTR is vastgesteld, bestaat een procedure om zelf een MTR waarde af te leiden. Deze procedure staat beschreven in bijlage 14 bij de Arm.

In deze rapportage is voor de twee ZZS waarvan de emissie de grensmassaastroom overschrijdt, acetaldehyde en formaldehyde, een immissietoets uitgevoerd. Voor het bepalen van het immissieniveau is gebruik gemaakt van de 'Handreiking bepaling van het immissieniveau' (verder: handreiking) van het RIVM (2004).

De immissietoets bestaat uit een vijftal stappen:

- 1) Bepalen van de effectieve schoorsteenhoogte
- 2) Bepalen van het immissieniveau in de lucht

- 3) Informatie opzoeken over stofeigenschappen
- 4) Bepalen van het immissieniveau in het water
- 5) Bepalen van het immissieniveau in de bodem

4.3.1 Immissie acetaldehyde

Benodigde gegevens voor stap 1:

- Emissie van de stof (kg/uur) 0,025
- Warmte emissie (MW)

$$Q = \rho C_p V_0 (T - T_a) * 10^{-6}$$

P = dichtheid afgas:	1,03 kg/m ³
C _p = specifieke warmte afgas :	vastgesteld op 1.068 J/kgK
V ₀ = volume debiet: m ³ /sec	22,9 m ³ /sec
T = temperatuur geëmitteerd afgas:	319,15 K
T _a = temperatuur omgevingslucht:	jaargemiddeld 285 K

$$Q = 1,03 * 1.068 * 22,9 * (319,15 - 285) * 10^{-6} = 0,86 \text{ MW}$$

- Hoogte van de schoorsteen (m) 55 meter
- Kortste afstand tussen schoorsteen en inrichtingsgrens: 140 meter

Stap 1: Bepalen van de effectieve schoorsteenhoogte

Hiervoor is gebruik gemaakt van tabel 1 in de Handreiking.

Warmte emissie is afgerond naar 1 MW.

Af te lezen uit de tabel: Schoorsteenhoogte 50 m → effectieve schoorsteenhoogte 71 m.
Schoorsteenhoogte 60 m → effectieve schoorsteenhoogte 80 m.

Bij een schoorsteenhoogte van 55 meter verwachten we dus een effectieve schoorsteenhoogte van ca. 75 meter.

Stap 2: Bepalen van het immissieniveau in de lucht

Hiervoor is gebruik gemaakt van tabel 2 in de Handreiking.

Een effectieve schoorsteenhoogte van 75 meter komt niet voor in de tabel, dus wordt, zoals aangegeven, de waarde hier direct onder aangehouden: 55 meter.

Een afstand tot de terreingrens van 140 meter komt niet voor in tabel, dus wordt, zoals aangegeven, de eerste lagere waarde aangehouden: 125 meter.

De maximale immissieconcentratie voor een effectieve schoorsteenhoogte van 55 meter bedraagt 0,034 µg/m³, op een afstand van 500 m van de emissiebron. Dit punt ligt buiten de inrichtingsgrens en wordt dus aangehouden. De nu verkregen waarde geeft wel een overschatting van de werkelijke waarde, omdat de werkelijke effectieve hoogte van de schoorsteen hoger is dan de waarde die in de tabel is aangehouden (75 meter i.p.v. 55 meter).

De maximale immissieconcentratie geldt bij een emissie van 1 kg/uur.
De werkelijke emissie bedraagt echter: 0,025 kg/uur.

Dit brengt de maximale immissieconcentratie in de lucht op $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3 * 0,025 = 0,000850 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($8,50 * 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$) op 500 meter van de inrichtingsgrens.

Stap 3: Informatie opzoeken over stofeigenschappen

Acetaldehyde heeft de volgende eigenschappen:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| - Oplosbaarheid stof in water (mg/l) | Oneindig |
| - Dampdruk stof (Pa) | 101.300 Pa |
| - Afbreekbaarheid in water | Goed |

Stap 4: Bepalen van het immissieniveau in het water

Voor het bepalen van het immissieniveau in het water is tabel 3c van de handreiking van toepassing, omdat acetaldehyde goed biologisch afbreekbaar is in water.

Met betrekking tot oplosbaarheid wordt de meest rechterkolom met de hoogst mogelijke oplosbaarheid (in dit geval $1,0 * 10^6$) aangehouden. De oplosbaarheid is in principe oneindig, maar dit is het hoogste getal in de tabel.

Met betrekking tot de dampdruk wordt de onderste rij van de tabel aangehouden: $1,0 * 10^5$ Pa.

Uit de tabel kan nu de verhouding tussen het immissieniveau in het water en het immissieniveau in de lucht worden afgelezen.

De C_w (g/l) / C_L (g/m³) verhouding bedraagt: $2,2 * 10^{-1} = 0,22$.

Met deze verhouding en het immissieniveau in de lucht kan het immissieniveau in het water worden berekend:

$$C_w / 8,50 * 10^{-10} \text{ g}/\text{m}^3 = 0,22 \rightarrow C_w = 1,87 * 10^{-10} \text{ g}/\text{l}.$$

Stap 5: Bepalen van het immissieniveau in de bodem

Het immissieniveau in de bodem wordt op dezelfde wijze bepaald als het immissieniveau in het water, met behulp van een verhouding tot het immissieniveau in de lucht.

Voor het bepalen van het immissieniveau in de bodem is tabel 4c van toepassing, omdat acetaldehyde goed biologisch afbreekbaar is in water.

Met betrekking tot oplosbaarheid wordt de meest rechterkolom met de hoogst mogelijke oplosbaarheid (in dit geval $1,0 * 10^6$) aangehouden. De oplosbaarheid is in principe oneindig, maar dit is het hoogste getal in de tabel.

Met betrekking tot de dampdruk wordt de onderste rij van de tabel aangehouden: $1,0 * 10^5$ Pa.

Uit de tabel kan nu de verhouding tussen het immissieniveau in de bodem en het immissieniveau in de lucht worden afgelezen.

De C_B (g/kg) / C_L (g/m³) verhouding bedraagt: $9,3 * 10^{-3} = 0,0093$.

Met deze verhouding en het immissieniveau in de lucht kan het immissieniveau in de bodem worden berekend:

$C_B / 8,50 * 10^{-10} \text{ g/m}^3 = 0,0093 \rightarrow C_B = 7,91 * 10^{-12} \text{ g/kg}$.

4.3.2 Immissie formaldehyde

Benodigde gegevens voor stap 1:

- Emissie van de stof (kg/uur) 0,033
- Warmte emissie (MW)

$$Q = \rho C_p V_0 (T - T_a) * 10^{-6}$$

- P = dichtheid afgas: 1,03 kg/m³
- C_p = specifieke warmte afgas : vastgesteld op 1.068 J/kgK
- V₀ = volume debiet: m³/sec 22,9 m³/sec
- T = temperatuur geëmitteerd afgas: 319,15 K
- T_a = temperatuur omgevingslucht: jaargemiddeld 285 K

$$Q = 1,03 * 1.068 * 22,9 * (319,15 - 285) * 10^{-6} = 0,86 \text{ MW}$$

- Hoogte van de schoorsteen (m) 55 meter
- Kortste afstand tussen schoorsteen en inrichtingsgrens: 140 meter

Stap 1: Bepalen van de effectieve schoorsteenhoogte

Hiervoor is gebruik gemaakt van tabel 1 in de Handreiking.

Warmte emissie is afgerond naar 1 MW.

Af te lezen uit de tabel: Schoorsteenhoogte 50 m → effectieve schoorsteenhoogte 71 m.
 Schoorsteenhoogte 60 m → effectieve schoorsteenhoogte 80 m.

Bij een schoorsteenhoogte van 55 meter verwachten we dus een effectieve schoorsteenhoogte van ca. 75 meter.

Stap 2: Bepalen van het immissieniveau in de lucht

Hiervoor is gebruik gemaakt van tabel 2 in de Handreiking.

Een effectieve schoorsteenhoogte van 75 meter komt niet voor in de tabel, dus wordt, zoals aangegeven, de waarde hier direct onder aangehouden: 55 meter.

Een afstand tot de terreingrens van 140 meter komt niet voor in tabel, dus wordt, zoals aangegeven, de eerste lagere waarde aangehouden: 125 meter.

De maximale immissieconcentratie voor een effectieve schoorsteenhoogte van 55 meter bedraagt $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3$, op een afstand van 500 m van de emissiebron. Dit punt ligt buiten de inrichtingsgrens en wordt dus aangehouden. De nu verkregen waarde geeft wel een overschatting van de werkelijke waarde, omdat de werkelijke effectieve hoogte van de schoorsteen hoger is dan de waarde die in de tabel is aangehouden (75 meter i.p.v. 55 meter).

De maximale immissieconcentratie geldt bij een emissie van 1 kg/uur.
De werkelijke emissie bedraagt echter: 0,033 kg/uur.

Dit brengt de maximale immissieconcentratie in de lucht op $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3 * 0,033 = 0,001122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($11,22 * 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$) op 500 meter van de inrichtingsgrens.

Stap 3: Informatie opzoeken over stofeigenschappen

Formaldehyde heeft de volgende eigenschappen:

- | | |
|--------------------------------------|--------------|
| - Oplosbaarheid stof in water (mg/l) | 550.000 mg/l |
| - Dampdruk stof (Pa) | 518.600 Pa |
| - Afbreekbaarheid in water | Goed |

Stap 4: Bepalen van het immissieniveau in het water

Voor het bepalen van het immissieniveau in het water is tabel 3c van toepassing, omdat formaldehyde goed biologisch afbreekbaar is in water.

Met betrekking tot oplosbaarheid wordt de meest rechterkolom met de hoogst mogelijke oplosbaarheid (in dit geval $1,0 * 10^6$) aangehouden (want $5,5 * 10^5$ wordt, zoals aangegeven, afgerond naar $1,0 * 10^6$).

Met betrekking tot de dampdruk wordt de onderste rij aangehouden: $1,0 * 10^5$ Pa.

Uit de tabel kan nu de verhouding tussen het immissieniveau in het water en het immissieniveau in de lucht worden afgelezen.

De C_w (g/l) / C_L (g/m^3) verhouding bedraagt: $2,2 * 10^{-1} = 0,22$.

Met deze verhouding en het immissieniveau in de lucht kan het immissieniveau in het water worden berekend:

$C_w / 11,22 * 10^{-10} \text{g}/\text{m}^3 = 0,22 \rightarrow C_w = 2,47 * 10^{-10} \text{g}/\text{l}$.

Stap 5: Bepalen van het immissieniveau in de bodem

Het immissieniveau in de bodem wordt op dezelfde wijze bepaald als het immissieniveau in het water, met behulp van een verhouding tot het immissieniveau in de lucht.

Voor het bepalen van het immissieniveau in de bodem is tabel 4c van toepassing, omdat formaldehyde goed biologisch afbreekbaar is in water.

Met betrekking tot oplosbaarheid wordt de meest rechterkolom met de hoogst mogelijke oplosbaarheid (in dit geval $1,0 \cdot 10^6$) aangehouden (want $5,5 \cdot 10^5$ wordt, zoals aangegeven, afgerond naar $1,0 \cdot 10^6$).

Met betrekking tot de dampdruk wordt de onderste rij aangehouden: $1,0 \cdot 10^5$ Pa.

Uit de tabel kan nu de verhouding tussen het immissieniveau in de bodem en het immissieniveau in de lucht worden afgelezen.

De C_B (g/kg) / C_L (g/m³) verhouding bedraagt: $9,3 \cdot 10^{-3} = 0,0093$.

Met deze verhouding en het immissieniveau in de lucht kan het immissieniveau in de bodem worden berekend:

$C_B / 11,22 \cdot 10^{-10} \text{ g/m}^3 = 0,0093 \rightarrow C_B = 1,04 \cdot 10^{-11} \text{ g/kg}$.

4.3.3 Toetsing immissieniveaus aan de MTR

De berekende immissieniveaus in lucht voor acetaldehyde en formaldehyde zijn vergeleken met de vastgestelde MTR waarden voor deze ZZS, zoals is voorgeschreven in artikel 2.4, lid 5 Abm. In onderstaande tabel is het resultaat van deze toetsing weergegeven:

Tabel 5. Toetsing immissieniveaus in de lucht aan MTR.

Stof	Immissie in lucht (max.) [µg / m ³]	Maximaal toelaatbaar risico (MTR) [µg / m ³]
Acetaldehyde	$8,50 \cdot 10^{-4}$	-
Formaldehyde	$11,22 \cdot 10^{-4}$	10

Voor formaldehyde ligt de vastgestelde MTR voor het immissieniveau in de lucht op maximaal $10 \mu\text{g/m}^3$. De daadwerkelijk bepaalde immissie ligt hier een factor 10.000 onder en is dus zeer ruimschoots inpasbaar.

Voor acetaldehyde is geen MTR vastgesteld. Deze stof heeft echter door zijn chemische samenstelling vergelijkbare eigenschappen ten opzichte van formaldehyde. Ervan uitgaande dat een vastgestelde MTR voor acetaldehyde in dezelfde orde grootte zou komen te liggen als de MTR voor formaldehyde en gezien het feit dat het immissieniveau in de lucht voor deze stof ook van een vergelijkbare orde grootte is als die van formaldehyde, wordt verwacht dat ook voor acetaldehyde sprake zal zijn van een (ruimte) inpasbaarheid binnen de MTR.

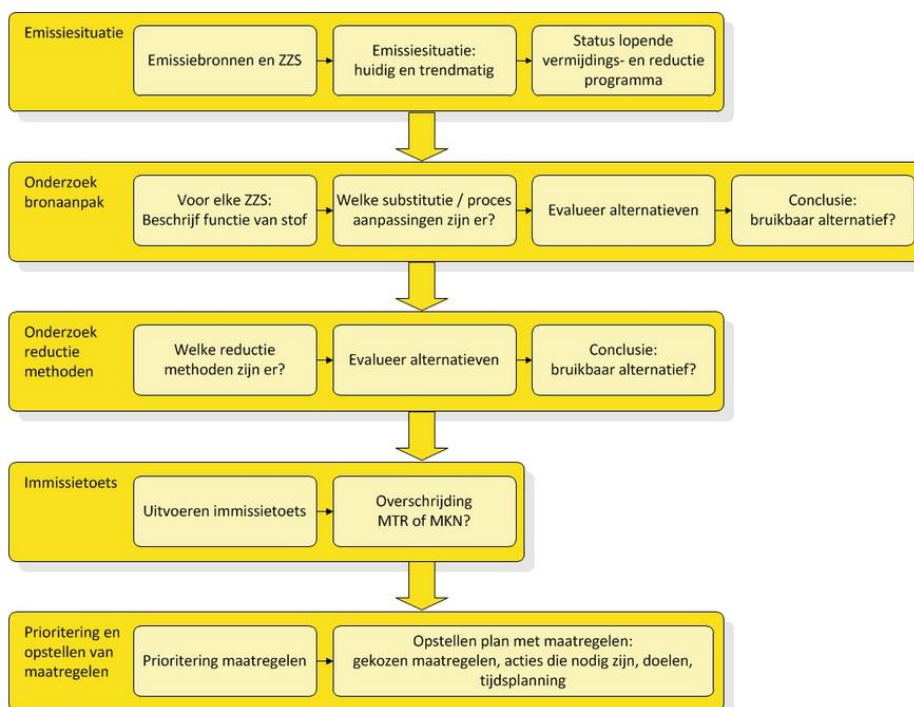
5 VERMIJDINGS- EN REDUCTIEPROGRAMMA

Het overheidsbeleid om de emissie van ZZS te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, kan op verschillende manieren worden bereikt: aanpak bij de bron, minimalisatie door reductiemaatregelen, regelmatige check voor verbetermogelijkheden en het stimuleren van innovatie. Deze stappen zijn uitgewerkt in het 'Vermijdings- en reductieprogramma ZZS'.

In de figuur hieronder zijn de stappen binnen het Vermijdings- en reductieprogramma ZZS weergegeven.

Stappenplan

De figuur hieronder geeft aan welke stappen nodig zijn voor het vermijdings- en reductieprogramma.



Figuur 1. Stappenplan Vermijdings- en reductieprogramma ZZS (afkomstig van: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/zeer-zorawekkende/vermijdings/stappenplan/>)

5.1.1 Emissiesituatie

In de huidige situatie worden afgassen geëmitteerd vanuit de AEC en de BEC. Hierin bevinden zich diverse componenten, zoals CO₂, CO, NO₂, SO₂, PM₁₀, zware metalen, e.d. De emissie van deze componenten wordt op dit moment zoveel mogelijk geminimaliseerd met een gaswasser, die de grootste hoeveelheden schadelijke componenten uit de afgassen verwijdert, voordat

deze worden geëmitteerd. Deze emissie is vanwege de aard van het proces (verbranden van biomassa en afvalstoffen) niet helemaal te voorkomen. HVC is echter altijd bezig met innovatie om de procesemissies verder te reduceren. De plannen om een CO₂-afvanginstallatie te realiseren, in het kader waarvan deze ZZS toetsing is uitgevoerd, maken hiervan deel uit.

Voor de CO₂-afvanginstallatie is er nog geen sprake van een 'huidige emissiesituatie', omdat deze installatie nog gerealiseerd moet worden. Op basis van metingen aan demo-installaties is al wel duidelijk dat er aldehydes en amines zullen worden geëmitteerd, in zeer beperkte hoeveelheden. Daarnaast is bekend dat er een minimale emissie zal optreden van de gebruikte amine-oplossing, waarin piperazine een van de componenten is, bij het vullen van de opslagtank.

5.1.2 Onderzoek bronaanpak

Onderzocht is of er alternatieve mogelijkheden bestaan om het voorgenomen initiatief uit te voeren, op een zodanige manier dat de emissie van aldehydes en amines wordt voorkomen. Diverse andere technieken om CO₂ af te vangen zijn beschouwd, maar niet geschikt bevonden om toe te passen. Het gaat om de volgende alternatieven:

- Membraantechnologie:

Deze techniek werkt door scheiding op basis van molecuulgrootte. De permeatiesnelheid van componenten door een membraan (een semipermeabele laag) verschilt onderling waardoor de component met de hoogste permeatiesnelheid geconcentreerd wordt aan de andere zijde van het membraan.

Membraantechnologie is vooral geschikt voor hoge CO₂-concentraties, terwijl de BEC en de 4^e lijn van de AEC lagere CO₂-gehalten in de afgassen hebben. Tevens is dit proces energie-intensiever dan een absorptie-techniek door de hogere drukken die nodig zijn (druk is de drijvende kracht van het scheidingsproces). Daarnaast is ook gebleken dat tot nu toe de kwaliteit van afgevangen CO₂ met behulp van membraantechnologie lager is dan bij toepassing van de door HVC aangevraagde technologie. Gelet op de toepassing in de glastuinbouw is een verminderde kwaliteit niet wenselijk.

- Cryogene destillatie:

Cryogene destillatie is een scheidingstechniek waarbij de afgassen sterk worden afgekoeld waarbij rijpvorming plaatsvindt bij een temperatuur van -78°C en CO₂ kan worden afgevoerd uit de afgasstroom. De afgasstroom zou, in het geval van HVC, hier actief voor gekoeld moeten worden wat in een negatieve energiebalans zou resulteren. HVC beschikt juist over een grote hoeveelheid restwarmte.

Tevens is cryogene destillatie met name geschikt voor afgassen met een CO₂-concentratie van tenminste 75%. De concentratie CO₂ in de afgassen van de BEC en lijn 4 van de AEC liggen met 11%, respectievelijk 8%, aanzienlijk lager dan de voor cryogene destillatie geschikte percentage. Deze techniek ligt om bovenstaande redenen niet voor de hand.

- Pressure Swing Adsorptie (PSA):

Bij dit proces wordt CO₂ afgevangen doordat het zich onder hoge druk hecht aan een oppervlak gecoat met een voor CO₂-adsorptie specifieke verbinding. De CO₂ wordt vervolgens weer vrijgemaakt bij lagere druk.

Pressure swing adsorptie heeft als nadeel dat de resulterende zuiverheid van de afgevangen CO₂ relatief laag is. Om de benodigde zuiverheid te behalen moet, naast PSA, vervolgens ook cryogene destillatie worden toegepast. Daarnaast is er voor PSA een veel hogere druk nodig in de installatie dan bij de absorptietechniek zoals die door HVC gekozen is. Deze techniek ligt om genoemde reden niet voor de hand.

- Nulalternatief (het niet uitvoeren van de CO₂-afvanginstallatie):

Een andere mogelijkheid, naast het gebruik van alternatieve technieken, is om de CO₂-afvanginstallatie niet te realiseren. Hiermee wordt de emissie van de ZZS aldehydes en amines voorkomen. Afvang en hergebruik van de CO₂ betekent echter klimaatwinst, vanwege:

- het lagere energieverbruik ten opzichte van CO₂-productie in aardgasgestookte ketels, zoals op dit moment in de tuinbouw wordt gedaan;
- een lagere emissie van het broeikasgas CO₂;
- een lagere emissie van NO_x, wat een gunstig effect heeft op stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Het niet realiseren van de CO₂-afvanginstallatie is vanwege deze voordelen niet wenselijk voor klimaat en natuur.

5.1.3 Onderzoek reductiemethoden

Bovenin de absorberkolom bevindt zich een 'dry bed' wasstap. De behandelde CO₂-arme afgassen worden door deze wasstap geleid om de emissie van amines omlaag te brengen die tijdens het absorptieproces aanvankelijk vluchtig zijn geworden.

Er is geen specifieke informatie bekend over beste beschikbare technieken (BBT) voor een CO₂-afvanginstallatie. De BBT conclusies afvalverbranding zijn niet van toepassing op de CO₂-afvanginstallatie, omdat in deze installatie geen afvalstoffen worden verbrand. Hierin worden echter wel BBT technieken genoemd ten aanzien van afgasreiniging. Wanneer, ondanks het formeel niet van toepassing zijn, toch gekeken wordt naar BBT voor het verwijderen van vluchtige organische stoffen (VOS) uit afgassen (zowel aldehydes als amines vallen hieronder) dan wordt als BBT beschouwd:

'Het toepassen van een rookgasbehandelingssysteem dat, gecombineerd met de installatie als geheel, de emissiewaarden bereikt als weergegeven in tabel 5.2'.

In de betreffende tabel wordt voor vluchtige organische stoffen een 24-uursgemiddelde emissiewaarde gesteld van 1-10 mg/Nm³. Toepassing van de (hertoe ontworpen en gepatenteerde) 'dry bed' wasstap in de absorber zorgt ervoor dat deze emissiewaarde voor alle aanwezige vluchtige organische stoffen ruimschoots wordt behaald (zie voor de behaalde emissiewaarden hoofdstuk 3). Hiermee kan worden gesteld dat de toegepaste wasstap voldoet aan BBT om emissie van VOS te minimaliseren.

De opslagtank voor de amine-oplossing is voorzien van een dampretoursysteem. Tijdens het vullen van de tank met een dampretoursysteem aan de opslagtanks verbonden. Hiermee wordt voldaan aan BBT om de emissie van verdringingslucht met amine-rijk gas te minimaliseren.

5.1.4 Immissietoets

Voor de ZZS acetaldehyde en formaldehyde is een immissietoets uitgevoerd, aangezien voor deze twee ZZS de emissievracht de vastgestelde grensmassastroom overschrijdt. Voor de andere ZZS die vanuit de CO₂-afvanginstallatie geëmitteerd (kunnen) worden, wordt zowel aan de norm voor de grensmassastroom als aan de norm voor de emissiegrenswaarde voldaan (dan wel blijft de emissievracht beneden de vrijstellingsgrens), waardoor het uitvoeren van een immissietoets voor deze ZZS niet nodig is.

Uit de immissietoets komt naar voren dat het immissieniveau in zowel lucht, water als bodem zeer laag is met waardes in de orde van grootte van 10⁻⁴ µg/m³, 10⁻¹⁰ g/l en 10⁻¹¹/10⁻¹² g/kg. Deze zeer lage hoeveelheden zijn verwaarloosbaar en vallen voor lucht ook ruimschoots (met een factor 10.000) beneden de MTR waarde.

5.1.5 Prioritering en opstellen van maatregelen

Uit de bovenstaande paragrafen komt naar voren dat de gekozen methode voor het afvangen van CO₂ uit afgassen, in combinatie met de gekozen wasstap, op dit moment de beste beschikbare techniek is om CO₂ af te vangen, te zuiveren en als product in de markt te kunnen zetten.

Uit deze ZZS toets blijkt dat de gevolgen van de emissie van ZZS vanuit deze installatie minimaal zijn en de hoeveelheden ZZS die terecht zullen komen in lucht, water en bodem te verwaarlozen.

Op dit moment heeft het opstellen van een programma met aanvullende maatregelen daarom geen toegevoegde waarde. Uiteraard blijft HVC wel voortdurend bezig met innovatie en altijd op zoek naar de beste en meest milieuvriendelijke oplossingen voor haar activiteiten.

Ook voor de CO₂-afvanginstallatie zal HVC nieuwe ontwikkelingen die kunnen leiden tot een verbetering van de techniek in de gaten blijven houden.

5 CONCLUSIE

Op grond van de resultaten van de uitgevoerde ZZS toets, zoals beschreven in de hoofdstukken 3 en 4 van dit document, kan de volgende conclusie worden getrokken ten aanzien van de ZZS die vanuit de CO₂-afvanginstallatie (kunnen) worden geëmitteerd:

Tabel 6. Conclusie per onderzochte ZZS.

Stof	Resultaat ZZS toets emissie	Resultaat ZZS toets immissie
Acetaldehyde	Voldoet aan norm art. 2.5, lid 1 Abm	Ruimschoots beneden MTR
Formaldehyde	Voldoet aan norm art. 2.5, lid 1 Abm	Ruimschoots beneden MTR
Benzaldehyde	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NDMA	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NMOR	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NDIPA	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NPYR	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NPIP	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
NDPA	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing
Piperazine	Beneden vrijstellingsgrens art. 2.6 Abm	Niet van toepassing

In combinatie met het doorlopen van het vermijdings- en reductieprogramma (hoofdstuk 5), waaruit naar voren komt dat er geen betere alternatieve technieken zijn om CO₂ af te vangen, beschouwen wij de emissie van ZZS, veroorzaakt door de CO₂ afvanginstallatie, als vergunbaar.



Kuiper & Burger Advies en ingenieursbureau
Jan van Beaumontstraat 1
2805 RN Gouda

t +31 (0)85 – 044 26 00
e info@kuiperburger.nl
w kuiperburger.nl

Artos Milieu- en Omgevingsadvies
Hofdijklaan 49
2374 BS Oud Ade

t 06-25131044
e info@artosmilieu.nl
w www.artosmilieu.nl



**Immissieberekeningen HVC Alkmaar
i.v.m. realisatie CO₂-afvanginstallatie**

**HVCG20A2, juni 2020
Olfasense B.V.**

Olfasense B.V.
Zekeringstraat 48
1014 BT Amsterdam
The Netherlands

+31 20 625 51 04

nl@olfasense.com
www.olfasense.com

Amsterdam • Kiel

titel: Immissieberekeningen HVC Alkmaar i.v.m. realisatie
CO2-afvanginstallatie

rapportnummer: **HVCG20A2**
vervangt rapport: HVCG20A1

projectcode: HVCG20A

opdrachtgever: HVC Groep
Postbus 9199
1812 RD ALKMAAR
Nederland

contactpersoon: de heer J.P. Born

opdrachtnemer: Olfasense B.V.
Zekeringstraat 48
1014 BT Amsterdam
Nederland

auteur(s): drs. Anouk Snik - van den Burg

goedgekeurd: voor Olfasense B.V. door



drs. F.J.H. Vossen, directeur

datum: 25 juni 2020

copyright: © 2020, Olfasense B.V.

disclaimer: Dit rapport mag niet worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Olfasense B.V. of haar opdrachtgever. Olfasense B.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Olfasense B.V. geleverde document.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Onderzoekopzet – onderzochte componenten	5
3	Beschouwde scenario's & emissies	6
3.1	Beschouwde scenario's	6
3.2	Informatiebronnen	6
3.3	Emissie vergunde situatie (scenario 1)	7
3.3.1	Lijn 1 tot en met 4	7
3.3.2	BEC	9
3.4	Emissie CO₂-afvanginstallatie gevoed vanuit BEC (scenario 2)	9
3.5	Emissie CO₂-afvanginstallatie gevoed vanuit lijn 4 (scenario 3)	11
4	Immissieberekeningen	12
4.1	Verspreidingsmodel	12
4.2	Invoergegevens	12
4.3	Resultaten van de verspreidingsberekeningen	14
4.4	Toetsing aan immissienormen	15
5	Samenvatting en conclusies	17
	Bijlagen	18
Bijlage A	Ligging van de bronnen	19
Bijlage B	Contouren	20



1 Inleiding

In opdracht van HVC Groep zijn door Olfasense B.V. immissieberekeningen uitgevoerd voor de locatie Alkmaar in verband met de realisatie van een CO₂-afvanginstallatie. Doel van de berekeningen is om van diverse componenten de immissieconcentraties in de omgeving te berekenen, waarbij deze worden vergeleken met de vergunde situatie en worden getoetst aan de specifieke immissienormen, indien deze voorhanden zijn.



2 Onderzoeksopzet – onderzochte componenten

Uitgangspunt voor de berekeningen is het MER dat werd uitgevoerd voor de realisatie van de BEC¹. Hierin werden verspreidingsberekeningen uitgevoerd voor de volgende 12 componenten:

- Fijn stof
- HCl
- HF
- SO_x
- NO_x
- Hg
- Cd&Tl
- Σ zware metalen
- CO
- C_xH_y
- PCDD/PCDF
- NH₃

Door realisatie van de CO₂-afvanginstallatie wijzigen met name de emisiseparameters (debiet, temperatuur, hoogte) en van sommige componenten mogelijk ook de emissie.

Uit de ZZS-toets is bovendien gebleken dat ook voor de volgende componenten verspreidingsberekening gewenst zijn:

- Acetaldehyde
- Formaldehyde

Deze laatste twee componenten zijn alleen relevant voor de CO₂-afvanginstallatie.

¹ 'Milieu Effect Rapport Bio-energiecentrale NV Huisvuilcentrale Noord-Holland', Ecofys & Tauw, 2 november 2005.



3 Beschouwde scenario's & emissies

3.1 Beschouwde scenario's

Er zijn drie scenario's doorgerekend:

1. De CO₂-afvanginstallatie staat uit en emissie vindt plaats via bestaande schoorstenen (de huidige vergunde situatie);
2. De CO₂-afvanginstallatie draait op aanvoer van de BEC;
3. De CO₂-afvanginstallatie draait op aanvoer van de 4^e lijn AEC.

3.2 Informatiebronnen

De informatie is verkregen uit de bestaande vergunningen (voorschriften) en eerdere onderzoeken, alsmede ook de uitgevoerde AERIUS-berekening. Opgemerkt wordt dat de gebruikte gegevens grenswaarden zijn, in de praktijk zullen de concentraties en emissies vaak (veel) lager zijn dan deze waarden.

In dit rapport is voor de twee scenario's met CO₂-afvanginstallatie een vereenvoudigde variant berekend, waarin - anders dan in de AERIUS-berekening - geen rekening gehouden is met het wisselen tussen de BEC en lijn 4². Er is daardoor een (gering) verschil tussen de uitgangspunten van de AERIUS-berekening en deze berekeningen.

Voor de CO₂-installatie is informatie uit de Feed Studies (Emissions and Effluents en Basis of Process Design) van Linde overgenomen.

² Als de BEC als gevolg van onderhoud of een storing niet in werking is, wordt de CO₂-afvanginstallatie gevoed door lijn 4; andersom wordt de CO₂-afvanginstallatie bij onderhoud of een storing in lijn 4 gevoed door de BEC.



3.3 Emissie vergunde situatie (scenario 1)

3.3.1 Lijn 1 tot en met 4

De emissies van de bestaande lijnen 1 tot en met 4 van de AEC is weergegeven in onderstaande tabellen. Na de tabellen volgt een toelichting.

Tabel 1: Berekening emissies vergunde situatie Lijn 1-3 (per lijn)

Component	Emissiegrenzen	Emissie lijn 1 – 3 (per lijn)	Concentratie
	[kg/jr]	[kg/h]	[mg/Nm ³]
Fijn stof	1.114	0,13	1,3
HCl	1.385	0,16	1,6
HF	99,3	0,011	0,11
SO _x	4.868	0,56	5,6
NO _x	50.400	5,8	58
Hg	3,34	0,00038	0,0038
Cd&Tl	6,49	0,00074	0,0074
Σ zware metalen	9,45	0,0011	0,011
CO	11.342	1,3	13
CxHy	385	0,044	0,44
PCDD/PCDF	7,5E-06	8,6E-10	8,6E-09
NH ₃	--	0,50	5

Tabel 2: Berekening emissies vergunde situatie Lijn 4

Component	Emissiegrenzen	Emissie lijn 4	Concentratie
	[kg/jr]	[kg/h]	[mg/Nm ³]
Fijn stof	1.998	0,23	1,5
HCl	2.484	0,29	1,9
HF	178,1	0,021	0,13
SO _x	8.730	1,0	6,6
NO _x	77.000	9,0	58
Hg	5,99	0,00070	0,0045
Cd&Tl	11,64	0,0014	0,0088
Σ zware metalen	16,95	0,0020	0,013
CO	20.343	2,4	15
CxHy	691	0,081	0,52
PCDD/PCDF	1,347E-05	1,6E-09	1,0E-08
NH ₃	--	0,78	5



Voor de lijnen 1 tot en met 4 is in de voorschriften van de beschikking van de revisievergunning inclusief lijn 4 (voorschrift 5.1.5.7.1) voor de meeste van de onderzochte componenten (ammoniak uitgezonderd) een maximale emissievracht per jaar, gesommeerd voor de vier lijnen, opgenomen. In de eigen wekrapporthages heeft HVC dit totaal voor de lijnen verdeeld over de lijnen, dit zijn de emissiegrenzen in bovenstaande tabellen.

Aan de hand van de emissieduur (8.760 h/jr voor lijnen 1-3 en 8.552 h/jr voor lijn 4) kan zo de emissie per uur worden berekend; vervolgens kan op basis van het debiet (respectievelijk 100.000 Nm³/h van lijnen 1-3 (per lijn) en 155.037 Nm³/h van lijn 4) de emissieconcentratie worden berekend.

Voor ammoniak geldt een emissienorm van 5 mg/Nm³, waarmee aan de hand van de debieten per lijn de emissie kan worden berekend.



3.3.2 BEC

In onderstaande tabel is de emissieberekening voor de BEC weergegeven. De concentraties zijn de emissie-eisen zoals opgenomen in de beschikking voor de BEC (voorschrift 9.a). De emissies zijn berekend aan de hand van het debiet van de BEC (115.477 Nm³/h). De emissieduur bedraagt 8.552 h/jr.

Tabel 3: Berekening emissies vergunde situatie BEC

Component	Concentratie [mg/Nm ³]	Emissie BEC [kg/h]
Fijn stof	1	0,12
HCl	3	0,35
HF	0,2	0,023
SO _x	10	1,2
NO _x	70	8,1
Hg	0,005	0,00058
Cd&Tl	0,01	0,0012
Σ zware metalen	0,05	0,0058
CO	20	2,3
CxHy	1	0,12
PCDD/PCDF	2,0E-08	2,3E-09
NH ₃	5	0,58
Acetaldehyde	0,3	--
Formaldehyde	0,4	--

3.4 Emissie CO₂-afvanginstallatie gevoed vanuit BEC (scenario 2)

Wanneer de CO₂-afvanginstallatie wordt gevoed vanuit de BEC, zal er 77.104 Nm³/h afgas worden afgevangen vanuit de BEC als input voor de CO₂-afvanginstallatie. Het rookgasdebiet van de BEC vermindert dan van 115.477 naar (115.477 - 77.104) = 38.373 Nm³/h. Het debiet van de restgassen vanuit de CO₂-afvanginstallatie bedraagt 69.272 Nm³/h, maar de vermelde concentraties hebben betrekking op de rookgassen van de BEC en zijn daarmee gerelateerd aan het afgevangen debiet van 77.104 Nm³/h. Deze waarde is dan ook gebruikt voor berekening van de emissies.

Door het afvangen van CO₂ neemt de concentratie van de andere componenten in verhouding toe; voor alle componenten geldt echter dat de concentratie – ook na bijvoorbeeld een geringe toename in de CO₂-afvanginstallatie – ruimschoots beneden de maximale jaargemiddelde emissienorm ligt, die is gebruikt voor de emissieberekeningen. Hoewel er dus sprake kan zijn van een wijziging in de concentratie in de CO₂-afvanginstallatie, wordt hiermee in de verspreidingsberekeningen geen rekening gehouden.

De emissies van lijn 1-4 van de AEC wijzigt niet; de concentraties in de afgassen wijzigt eveneens niet.



Voor de componenten acetaldehyde en formaldehyde is uitgegaan van de in de milieu-effect rapportage vermelde concentratie (bijlage 3). Opgemerkt wordt dat ook hier sprake is van maximale concentraties. De genoemde concentraties gelden voor bedrijfsomstandigheden, terwijl het opgegeven debiet het normaaldebiet (bij een druk van 1.013 hPa, een temperatuur van 0°C en droog afgas) betreft. Dit debiet is omgerekend naar bedrijfsdebiet om de emissie van deze twee componenten te berekenen.

Tabel 4: Berekening emissies CO₂-afvanginstallatie gevoed vanuit BEC

Component	Emissie lijn 1 – 3 (per lijn)	Lijn 4	Concentratie BEC / CO ₂ -afvang	BEC	CO ₂ -afvang
	[kg/h]	[kg/h]	[mg/Nm ³]	[kg/h]	[kg/h]
Fijn stof	0,13	0,23	1	0,038	0,077
HCl	0,16	0,29	3	0,12	0,23
HF	0,011	0,021	0,2	0,0077	0,015
SO _x	0,56	1,0	10	0,38	0,77
NO _x	5,8	9,0	70	2,7	5,4
Hg	0,00038	0,00070	0,005	0,00019	0,00039
Cd&Tl	0,00074	0,0014	0,01	0,00038	0,00077
Σ zware metalen	0,0011	0,0020	0,05	0,0019	0,0039
CO	1,3	2,4	20	0,77	1,5
CxHy	0,044	0,081	1	0,038	0,077
PCDD/PCDF	8,6E-10	1,6E-09	2,0E-08	7,7E-10	1,5E-09
NH ₃	0,50	0,78	5	0,19	0,39
Acetaldehyde	--	--	0,3	--	0,028 ¹⁾
Formaldehyde	--	--	0,4	--	0,037 ¹⁾

1) Berekend aan de hand van het bedrijfsdebiet van 92.204 m³/h.



3.5 Emissie CO₂-afvanginstallatie gevoed vanuit lijn 4 (scenario 3)

Wanneer de CO₂-afvanginstallatie wordt gevoed vanuit lijn 4, zal het rookgasdebiet van lijn 4 verminderen met 77.104 Nm³/h. De berekening van de emissies van de CO₂-afvanginstallatie is gelijk aan die in senario 2. Ook de emissies van lijn 1-3 van de AEC wijzigen niet.

Tabel 5: Berekening emissies CO₂-afvanginstallatie gevoed vanuit lijn 4

Component	Emissie lijn 1 – 3 (per lijn)	BEC	Concentratie Lijn 4 / CO ₂ -afvang	Lijn 4	CO ₂ -afvang
	[kg/h]	[kg/h]	[mg/Nm ³]	[kg/h]	[kg/h]
Fijn stof	0,13	0,12	1,5	0,12	0,12
HCl	0,16	0,35	1,9	0,15	0,14
HF	0,011	0,023	0,13	0,010	0,010
SO _x	0,56	1,2	6,6	0,51	0,51
NO _x	5,8	8,1	58,1	4,5	4,5
Hg	0,00038	0,00058	0,0045	0,00035	0,00035
Cd&Tl	0,00074	0,0012	0,0088	0,00068	0,00068
Σ zware metalen	0,0011	0,0058	0,013	0,0010	0,00099
CO	1,3	2,3	15,3	1,2	1,2
CxHy	0,044	0,12	0,52	0,041	0,040
PCDD/PCDF	8,6E-10	2,3E-09	1,0E-08	7,9E-10	7,8E-10
NH ₃	0,50	0,58	5	0,39	0,39
Acetaldehyde	--	--	0,3	--	0,028 ¹⁾
Formaldehyde	--	--	0,4	--	0,037 ¹⁾

1) Berekend aan de hand van het bedrijfsdebiet van 92.204 m³/h.



4 Immissieberekeningen

4.1 Verspreidingsmodel

Het Nieuw Nationaal Model (Geomilieu V2020.1) beschrijft het transport en de verdunning van stoffen in de atmosfeer op basis van het Gaussisch pluimmodel. Het betreft een 'lange termijn' berekening en de beschouwde periode bedraagt daarom tenminste een jaar. De gebruikte meteorologische gegevens bestaan uit uurgemiddelde gegevens van onder meer de windrichting, de windsnelheid, de zonne-instraling en de temperatuur. Het NNM berekent op verschillende roosterpunten de immissieconcentratie voor elk afzonderlijk uur van de beschouwde periode. Hieruit worden de jaargemiddelde immissieconcentraties, percentielwaarden en het aantal overschrijdingsdagen, indien van toepassing, berekend.

Voor de componenten fijn stof, stikstofoxiden en zwaveloxiden is gerekend met de module STACKS, die specifiek voor deze componenten beschikbaar is. Voor de overige componenten is gebruik gemaakt van module STACKS-G, waarin de emissies zijn ingevoerd als inert gas.

4.2 Invoergegevens

Invoergegevens voor het verspreidingsmodel zijn bronkenmerken zoals de emissie, de emissieduur en omgevingskenmerken. De emissies zijn in de tabellen in hoofdstuk 3 weergegeven. Voor alle bronnen is uitgegaan van een continue emissieduur.

Voor de afgasparameters is aangesloten bij de eerder uitgevoerde berekeningen, zodat de afgassnelheid en de warmte-inhoud zoals berekend door het model gelijk zijn aan deze eerdere berekeningen. Deze twee parameters zijn van belang om de pluimstijging te berekenen. Daarmee zijn de volgende afgasparameters gekozen, zoals weergegeven in tabel 6 op de volgende pagina.



Tabel 6: Brongegevens voor de verspreidingsberekeningen

Bronomschrijving	X	Y	H	d	Flux	T	v	Q
	[m]	[m]	[m]	[m]	[Nm ³ /s]	[K]	[m/s]	[MW]
Vergund								
Lijn 1	112.697	513.762	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 2	112.696	513.759	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 3	112.701	513.761	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 4	112.700	513.757	80	2,5	42	338	10,5	3,1
BEC	112.696	513.723	80	1,85	32	348	14,9	2,7
BEC naar CO₂								
Lijn 1	112.697	513.762	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 2	112.696	513.759	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 3	112.701	513.761	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 4	112.700	513.757	80	2,5	42	338	10,5	3,1
BEC	112.696	513.723	80	1,85	11	348	5,0	0,9
CO ₂ -afvang	112.720	513.700	55	1,5	19	319	12,6	0,9
Lijn 4 naar CO₂								
Lijn 1	112.697	513.762	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 2	112.696	513.759	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 3	112.701	513.761	80	2,2	26	436	10,8	5,3
Lijn 4	112.700	513.757	80	2,5	22	338	5,4	1,6
BEC	112.696	513.723	80	1,85	32	348	14,9	2,7
CO ₂ -afvang	112.720	513.700	55	1,5	19	319	12,6	0,9

De overige invoerparameters zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 7: Invoerparameters voor de verspreidingsberekening met het NNM

Meteorologische periode	1995 – 2004
Ruwheidslengte z ₀	0,29 m ¹⁾
Immissiegebied (grid)	circa 4,5 x 4,5 km
Roosterafstand	200 m
Aantal roosterpunten	552
Receptorhoogte	1 m

1) De ruwheidslengte is bepaald aan de hand van de KNMI ruwheidsfile (op basis van de gridcoördinaten in Amersfoortse coördinaten).



4.3 Resultaten van de verspreidingsberekeningen

Uit de berekeningen blijkt dat de maximale belasting wordt berekend ten noordoosten van de locatie; op die locatie is een toetspunt toegevoegd, waarop de specifieke belasting is berekend. Voor de immissieberekeningen van acetaldehyde en formaldehyde, dat alleen vrijkomt uit de CO₂-afvanginstallatie, is een tweede toetspunt toegevoegd, omdat het zwaartepunt in die situatie net op een andere locatie lag.

In onderstaande tabel zijn de resultaten op de toetspunten samengevat, de contouren van de immissiewaarden zijn opgenomen in de bijlagen. Op de contouren is ook de ligging van de toetspunten weergegeven.

Tabel 8: Resultaten verspreidingsberekeningen

Component	Vergund [µg/m ³]	BEC -> CO ₂ [µg/m ³]	Lijn 4 -> CO ₂ [µg/m ³]
Fijn stof	0,010	0,010	0,010
HCl	0,013	0,018	0,017
HF	0,00094	0,0013	0,0012
SO _x	0,046	0,062	0,057
NO _x	0,331	0,431	0,419
Hg	0,000029	0,000037	0,000037
Cd&Tl	0,000057	0,000073	0,000072
Σ zware metalen	0,00014	0,00022	0,00016
CO	0,102	0,134	0,128
CxHy	0,0040	0,0056	0,0049
PCDD/PCDF	0,0000021	0,0000034	0,0000033
NH ₃	0,033	0,041	0,042
Acetaldehyde	--		0,0012
Formaldehyde	--		0,0016

Uit de berekeningen blijkt dat de situatie, waarin de CO₂-afvanginstallatie in werking is, leidt tot enigszins hogere immissieconcentraties als gevolg van de gewijzigde afgasparameters (zoals de lagere emissiehoogte en lagere temperatuur van de CO₂-installatie). De berekende immissieconcentraties zijn onverminderd laag te noemen.

De situatie waarin afgassen van de BEC naar de afvanginstallatie worden geleid lijkt tot gering hogere immissieconcentraties te leiden in vergelijking met de situatie waarin de afgassen van lijn 4 worden afgeleid, vanwege de hogere emissieconcentraties vanuit de BEC vergeleken met lijn 4.



4.4 Toetsing aan immissienormen

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de toetsing aan de normen, voor zover bekend.

Tabel 9: Resultaten verspreidingsberekeningen

Component	Immissie-norm?	Maximale immissie-concentratie	Voldoet?
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
Fijn stof	Grenswaarde Wet luchtkwaliteit van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inclusief achtergrondconcentraties	0,010	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering en leidt nauwelijks tot een wijziging in de heersende achtergrondconcentraties ($17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
HCl	Geen. TGG 8 uur (arbonorm) $8 \text{ mg}/\text{m}^3$	0,018	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering.
HF	Geen. TGG 8 uur (arbonorm) $1 \text{ mg}/\text{m}^3$	0,0013	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering.
SO _x	Grenswaarde SO ₂ Wet luchtkwaliteit van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inclusief achtergrondconcentraties	0,062	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering en leidt nauwelijks tot een wijziging in de heersende achtergrondconcentraties.
NO _x	Grenswaarde van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inclusief achtergrondconcentraties	0,431	Ja. De immissieconcentratie inclusief de achtergrondconcentratie ($19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bedraagt $19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ligt ruimschoots beneden de grenswaarden. Stikstofdepositie als gevolg van de ammoniakemissie wordt apart getoetst middels een AERIUS-berekening.
Hg	Lijst Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS). Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,000037	Ja. De concentratie ligt ver beneden het MTR.
Cd&Tl	Voor Cadmium geldt een MTR van $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,000073	Ja. De concentratie ligt ver beneden het MTR.
Σ zware metalen	Voor diverse zware metalen zijn individuele streefwaarden opgesteld, voor Cadmium is de laagste streefwaarde vastgesteld op $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00022	Ja. De concentratie ligt ver beneden de individuele streefwaarden.
CO	Grenswaarde Wet luchtkwaliteit van $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inclusief achtergrondconcentraties Verwaarloosbaar Risico (VR) $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,134	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering.
CxHy	--	0,0056	--
PCDD/PCDF	Lijst ZZS, geen MTR/VR	0,0000034	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering.
NH ₃	TGG 8 uur (arbo) $14 \text{ mg}/\text{m}^3$	0,041	Ja. De immissieconcentratie is zeer gering. Stikstofdepositie als gevolg van de ammoniakemissie wordt apart getoetst middels een AERIUS-berekening.
Acetaldehyde	Lijst ZZS. MTR $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, VR $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0012	Ja. De concentratie ligt ver beneden het MTR.
Formaldehyde	Lijst ZZS. MTR $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, VR $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0016	Ja. De concentratie ligt ver beneden het MTR.



Uit de tabel blijkt dat in alle gevallen kan worden voldaan aan de (strengste) normen, waarbij wordt opgemerkt dat bij de berekeningen is uitgegaan van worst case emissies (op basis van de emissie-eisen).



5 Samenvatting en conclusies

In opdracht van HVC Groep zijn door Olfasense B.V. immissieberekeningen uitgevoerd voor de locatie Alkmaar in verband met de realisatie van een CO₂-afvanginstallatie. Doel van de berekeningen is om van diverse componenten de immissieconcentraties in de omgeving te berekenen, waarbij deze worden vergeleken met de vergunde situatie en worden getoetst aan de specifieke immissie-eisen, indien deze voorhanden zijn.

De informatie is verkregen uit de bestaande vergunningen (voorschriften) en eerdere onderzoeken, alsmede ook de uitgevoerde AERIUS-berekening. Voor de CO₂-installatie is informatie uit de Feed Studies (Emissions and Effluents en Basis of Process Design) van Linde overgenomen.

Opgemerkt wordt dat de gebruikte gegevens grenswaarden zijn, in de praktijk zullen de concentraties en emissies vaak (veel) lager zijn dan deze waarden.

Er zijn immissieberekeningen uitgevoerd voor drie scenario's:

1. De CO₂-afvanginstallatie staat uit en emissie vindt plaats via bestaande schoorstenen (de huidige vergunde situatie);
2. De CO₂-afvanginstallatie draait op aanvoer van de BEC;
3. De CO₂-afvanginstallatie draait op aanvoer van de 4^e lijn AEC.

Uit de immissieberekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Er werd en wordt ruimschoots voldaan aan de immissienormen (voor zover aanwezig);
- Van de stoffen die zijn aangemerkt als Zeer Zorgwekkende Stof (ZZS) is de concentratie zelfs ruimschoots beneden het Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR);
- De toename van de immissieconcentraties is gering op de gekozen toetspunten;
- De situatie waarin afgassen van lijn 4 naar de afvanginstallatie worden geleid lijkt tot gering hogere immissieconcentraties te leiden in vergelijking met de situatie waarin de afgassen van de BEC worden afgeleid.

Er kan derhalve worden geconcludeerd dat de realisatie van een CO₂-afvanginstallatie leidt tot verwaarloosbare concentraties in de omgeving.



Bijlagen



Bijlage A Ligging van de bronnen

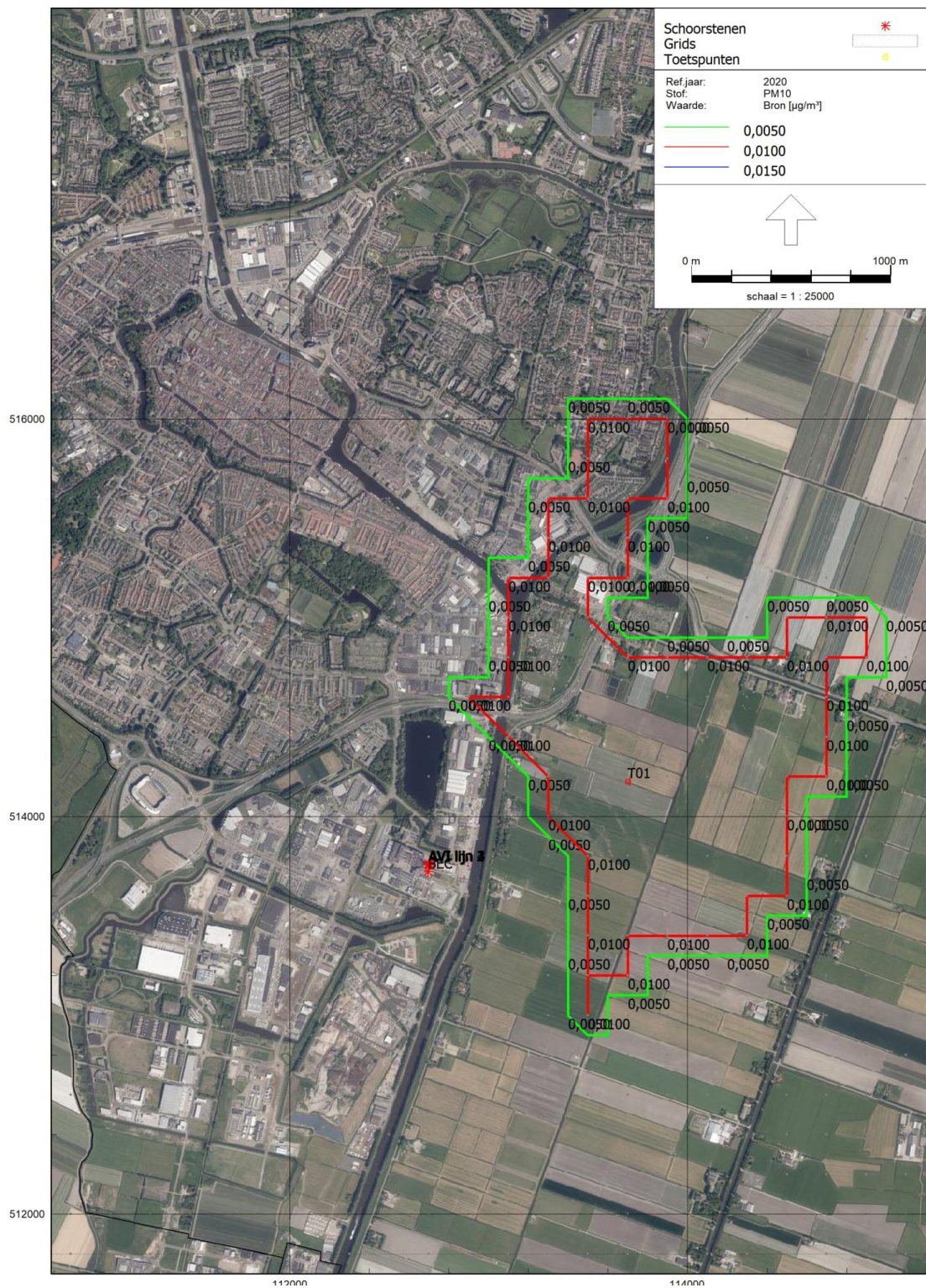


Bijlage B Contouren

Op de volgende pagina's zijn de diverse contouren weergegeven.

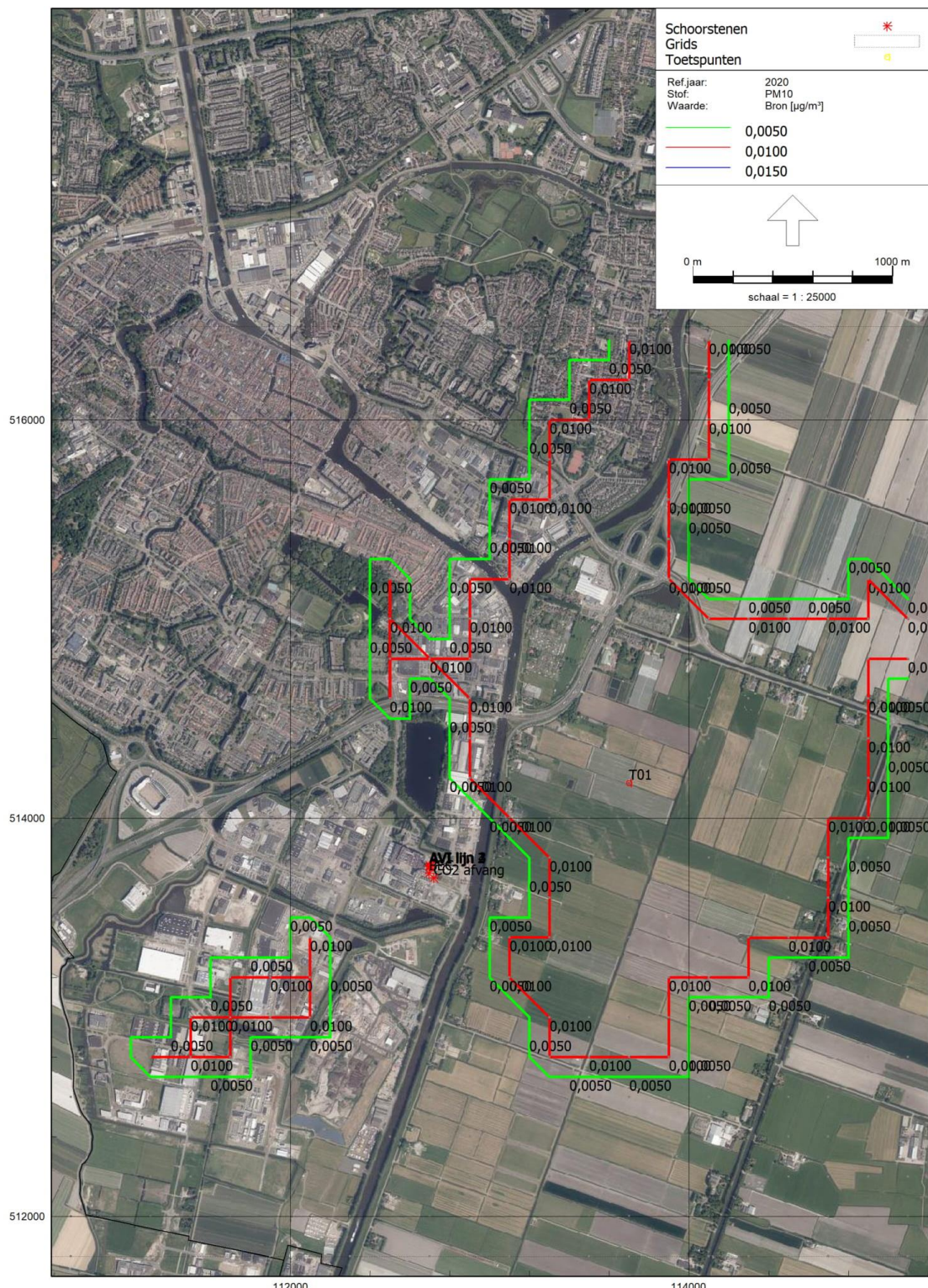
Het model kan slechts op 4 decimalen de waarden van de contouren weergeven, wanneer de immissieconcentraties lager zijn wordt op de contouren de waarde 0,0000 weergegeven. In het onderschrift bij de figuren is dan de waarde van de contouren weergegeven.





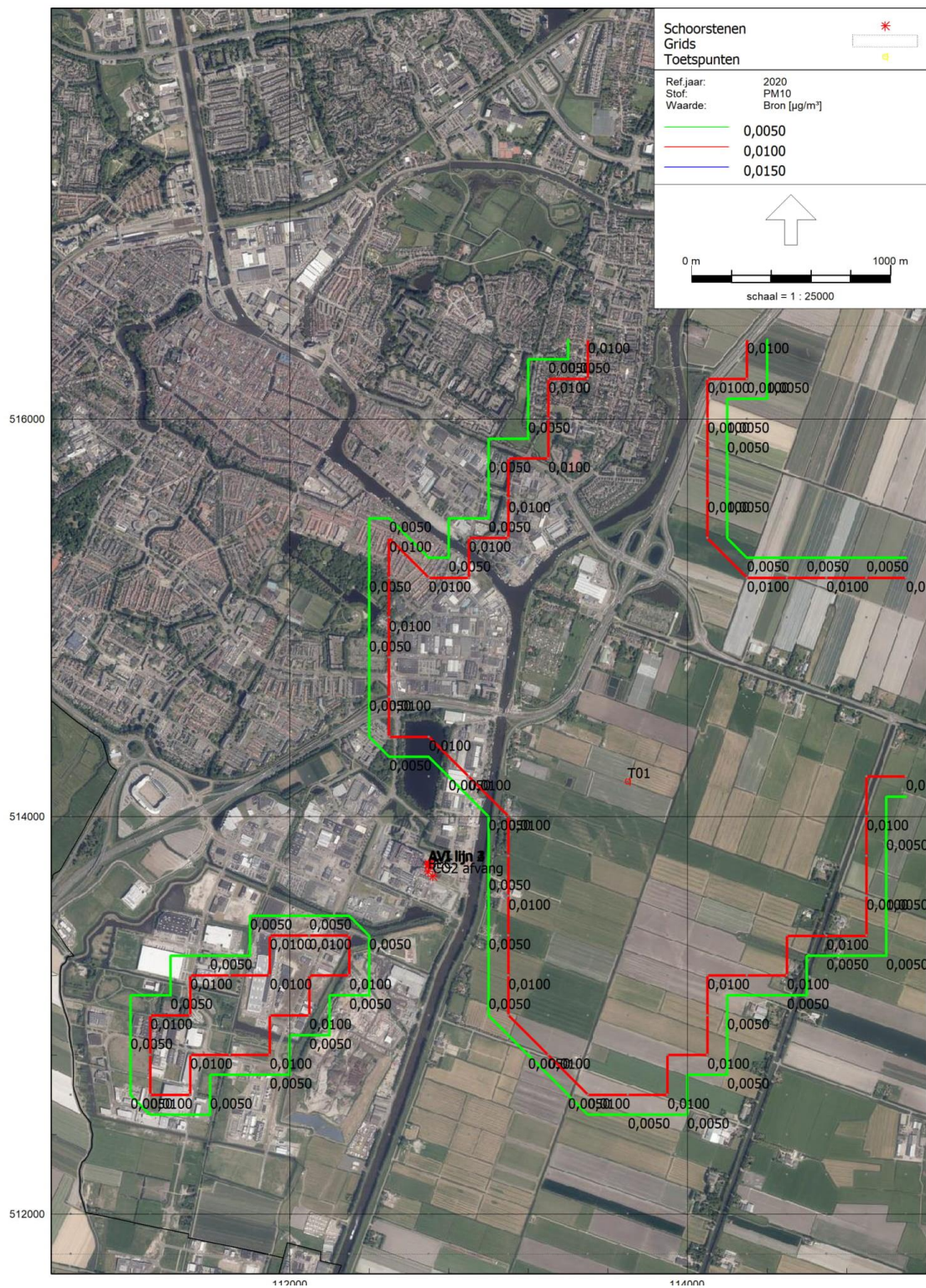
Figuur a Jaargemiddelde fijnstofconcentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie





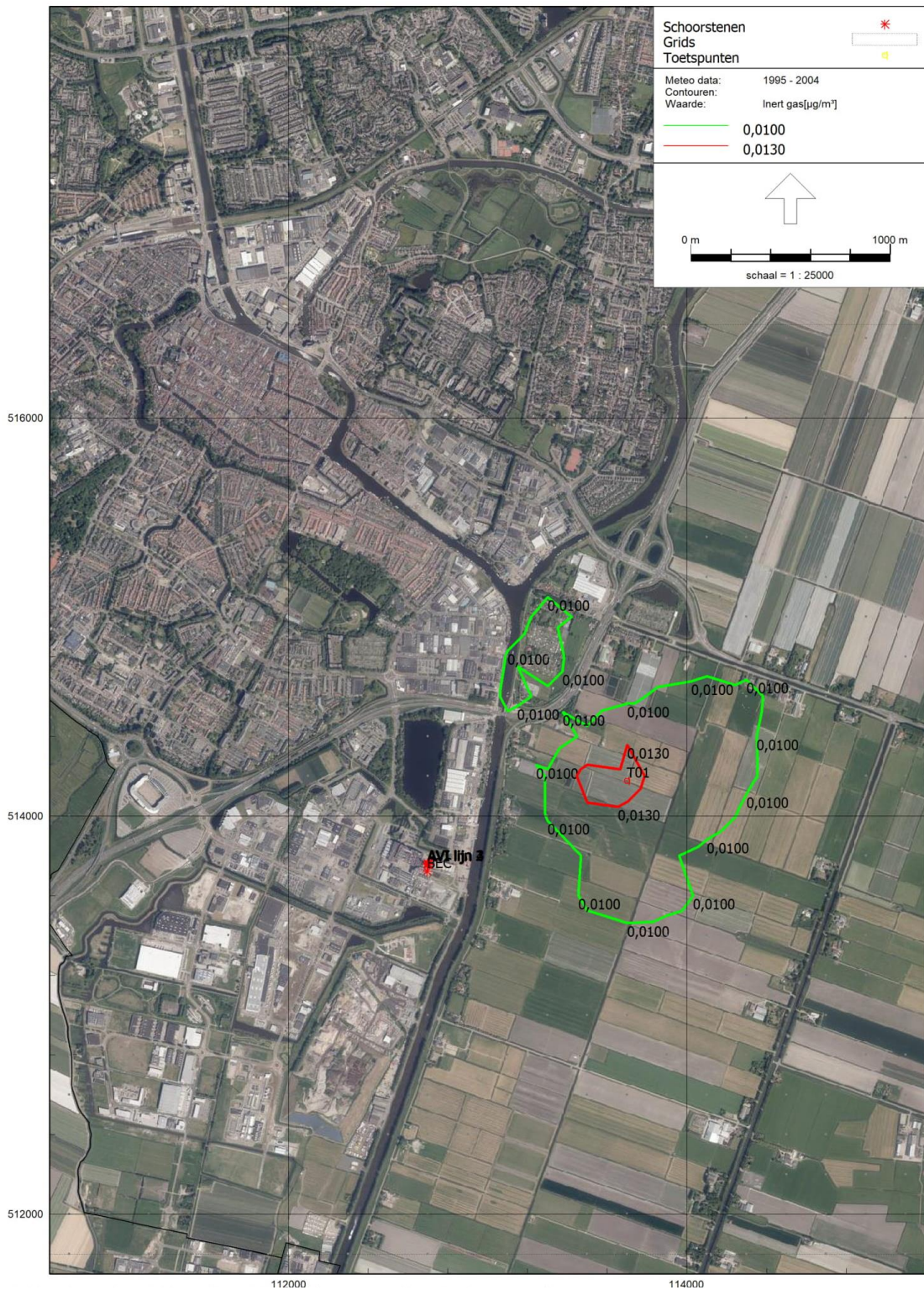
Figuur b Jaargemiddelde fijnstofconcentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





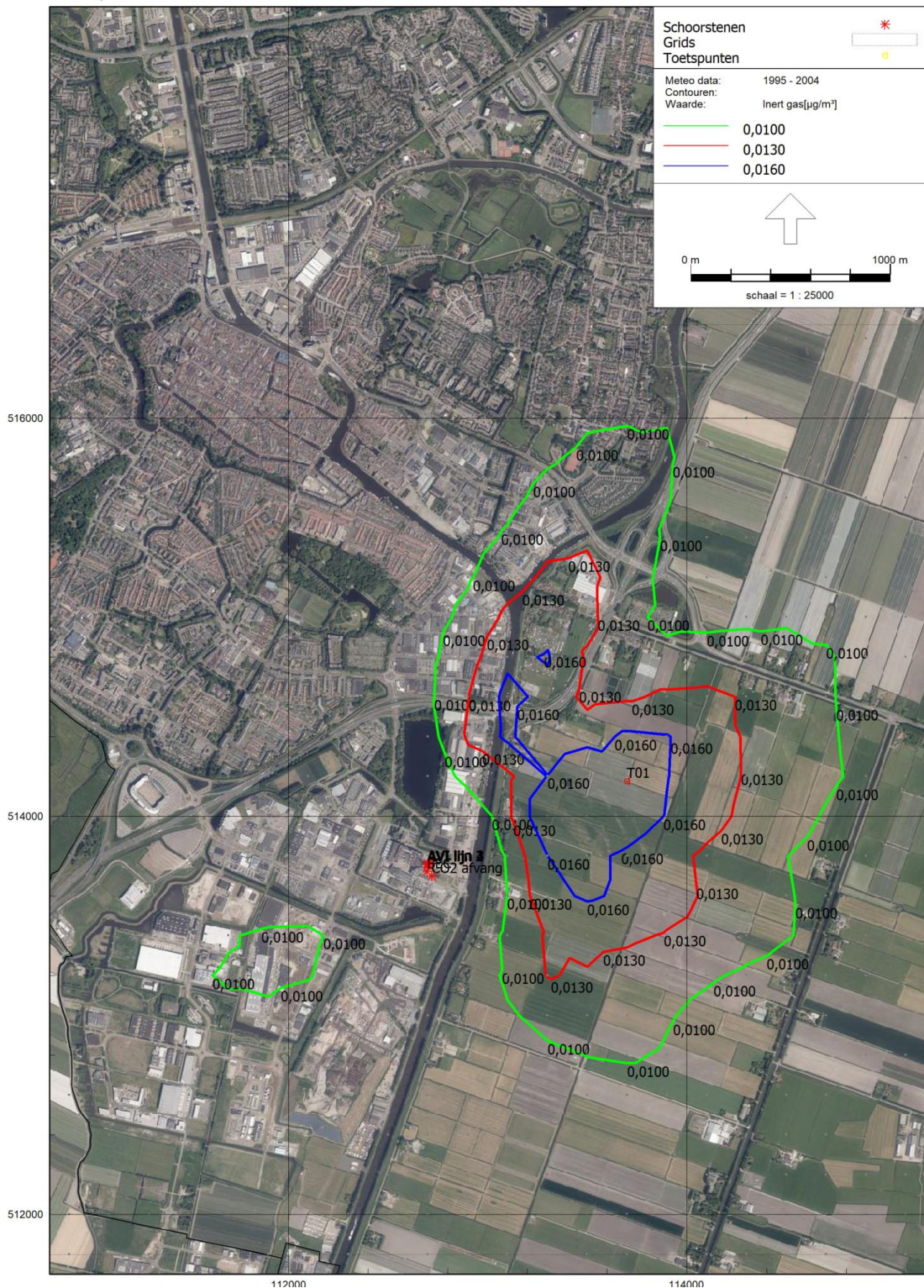
Figuur c Jaargemiddelde fijnstofconcentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





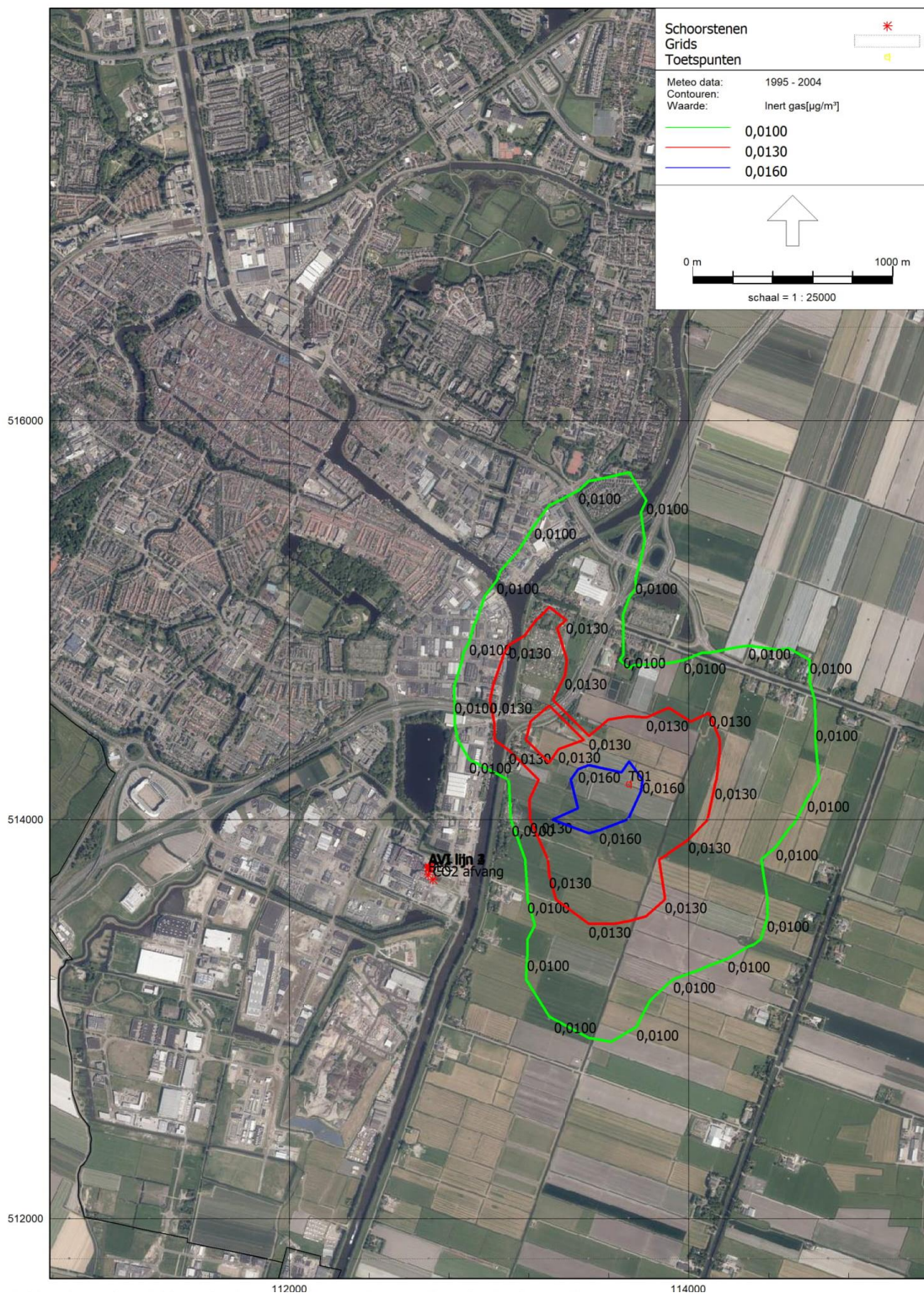
Figuur d Jaargemiddelde concentraties HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie





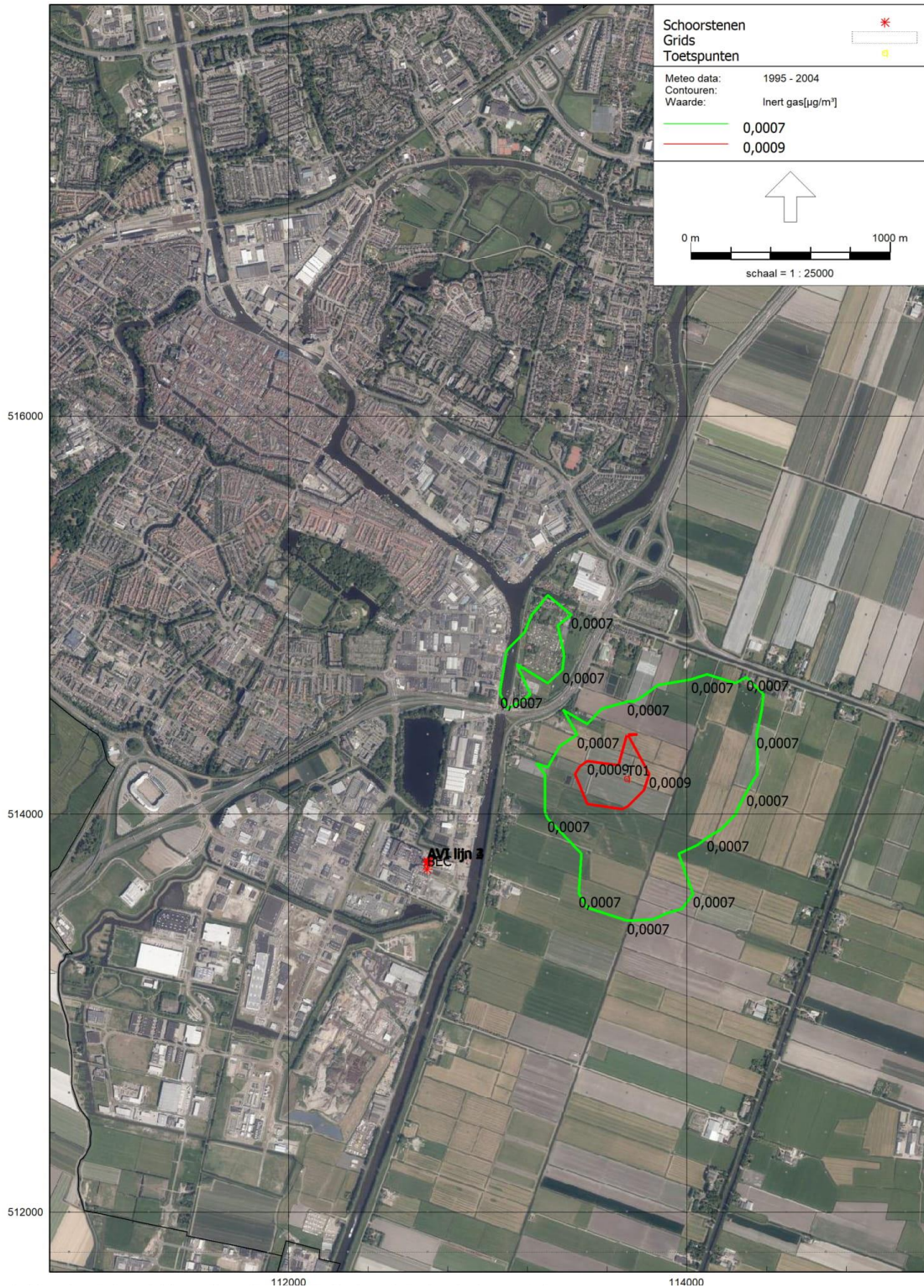
Figuur e Jaargemiddelde concentraties HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





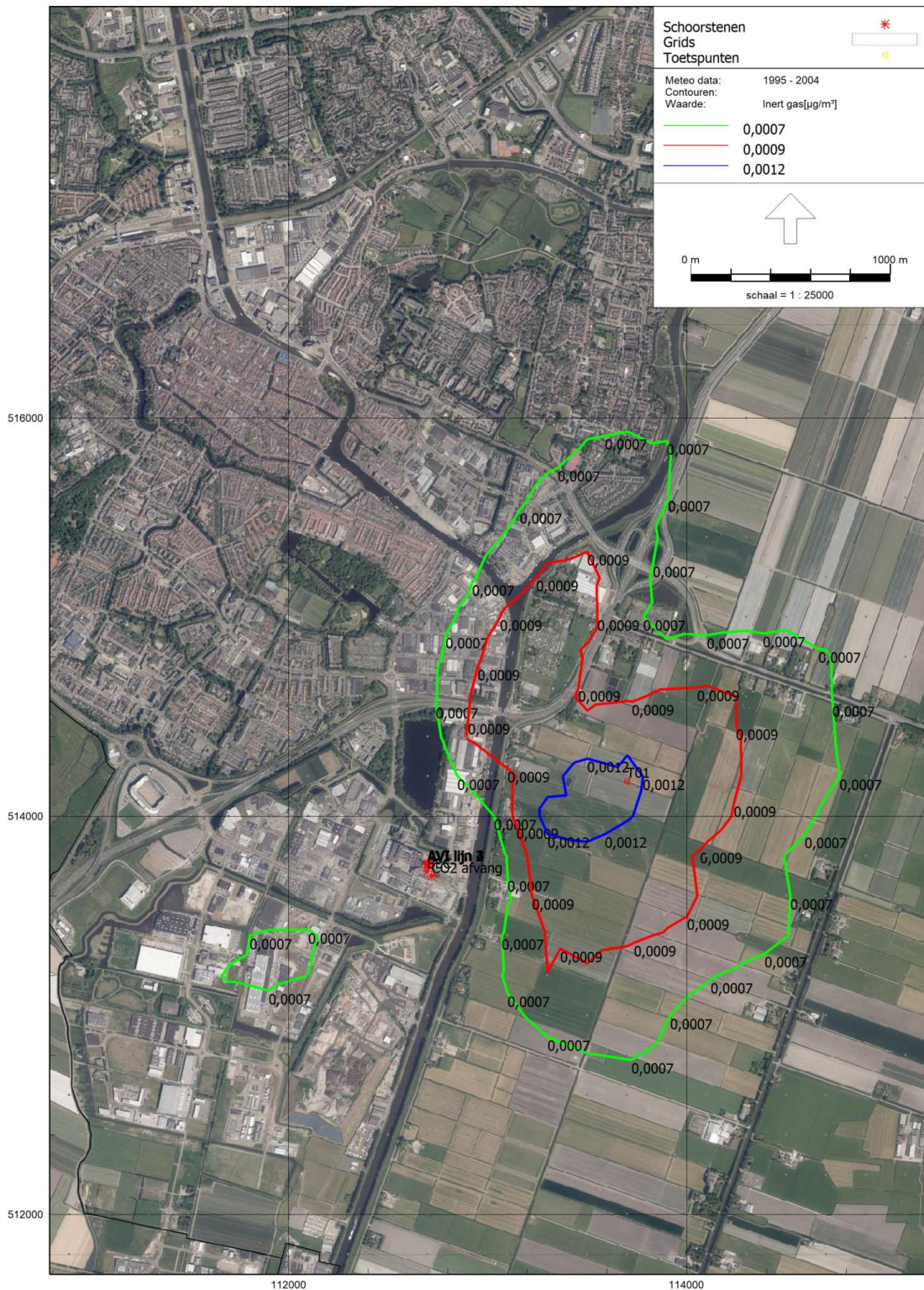
Figuur f Jaargemiddelde concentraties HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





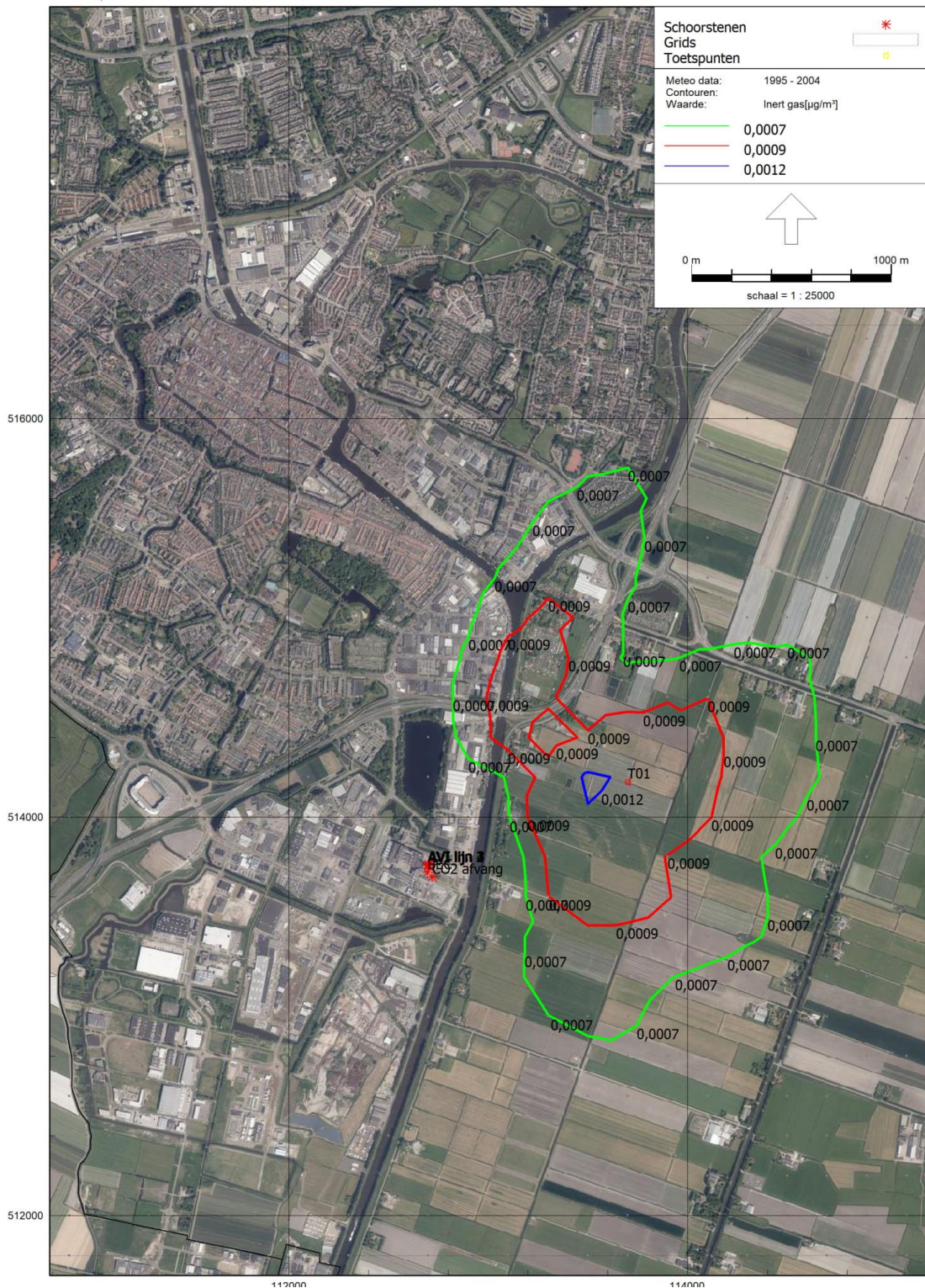
Figuur g Jaargemiddelde concentraties HF in de vergunde situatie





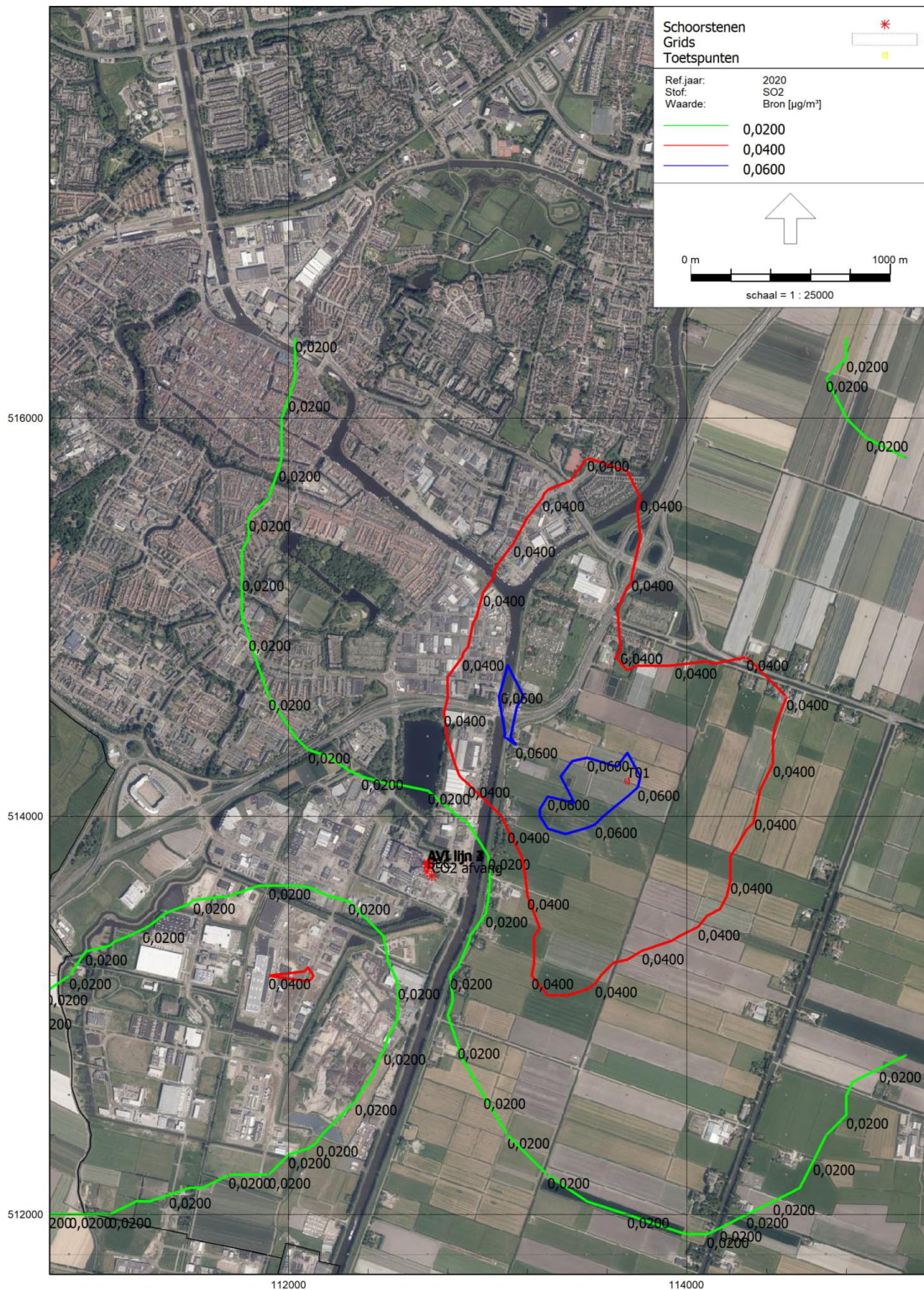
Figuur h Jaargemiddelde concentraties HF: BEC -> CO₂-afvanginstallatie





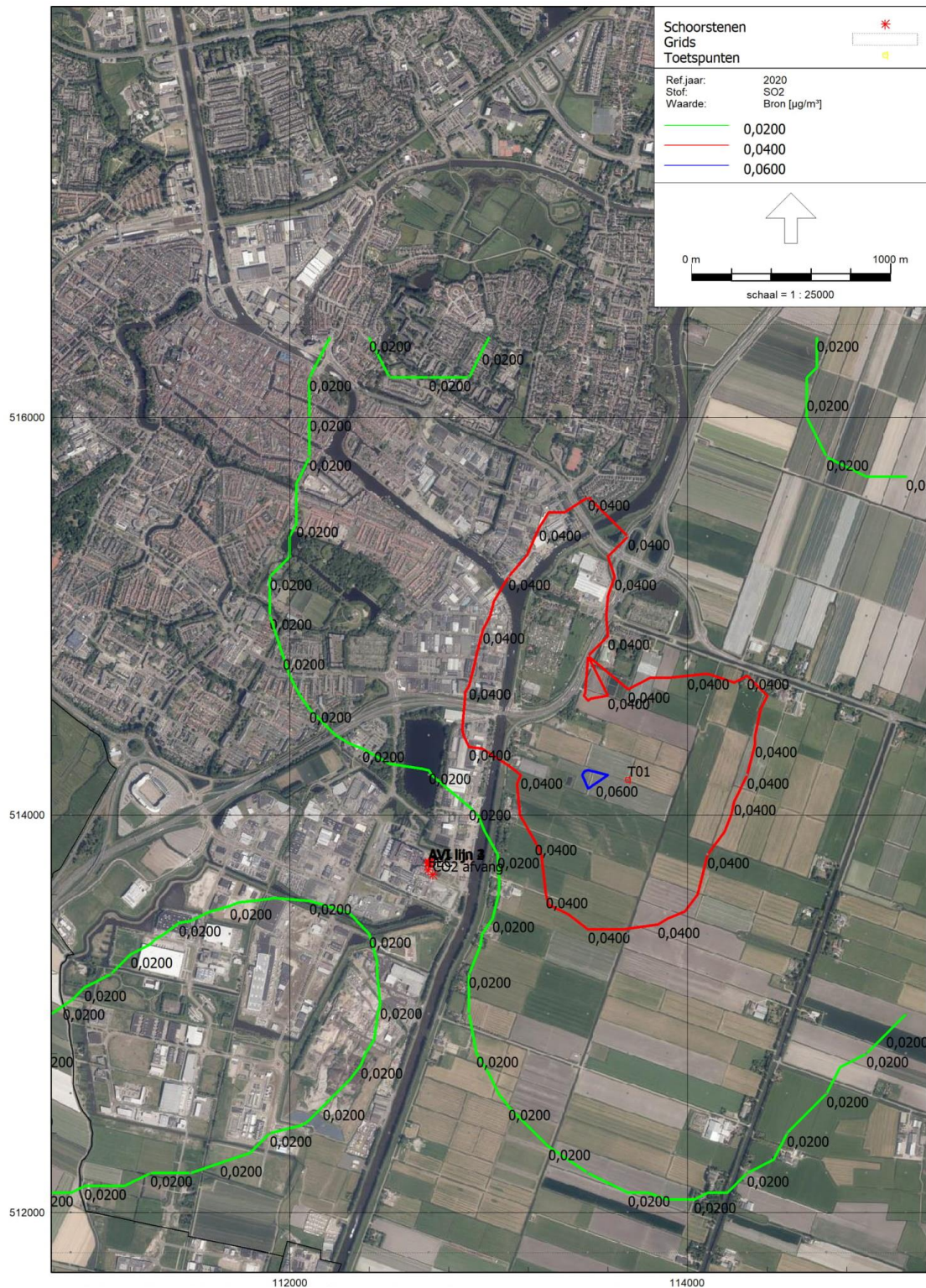
Figuur i Jaargemiddelde concentraties HF: Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





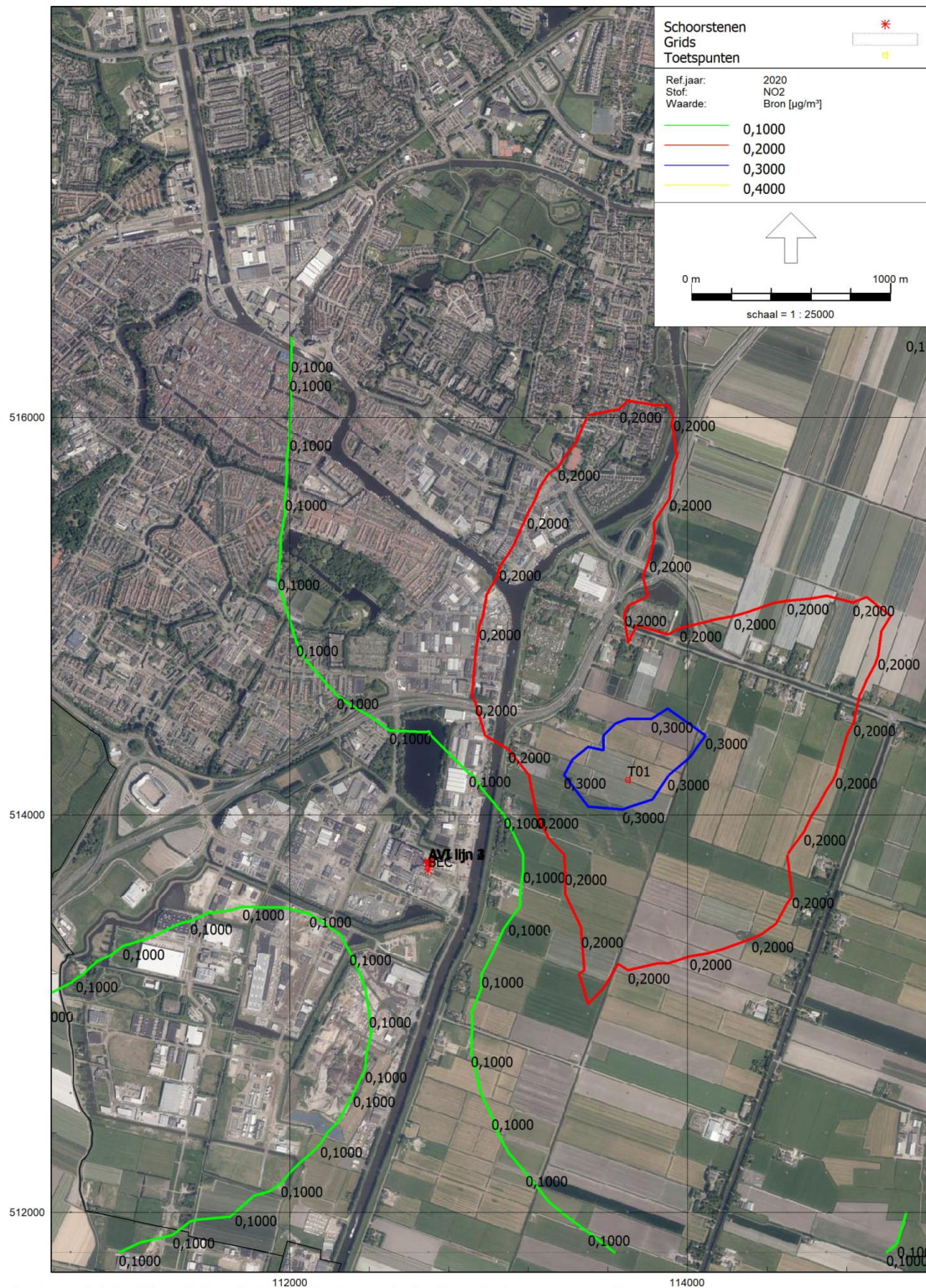
Figuur k Jaargemiddelde concentraties SO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): BEC -> CO_2 -afvanginstallatie





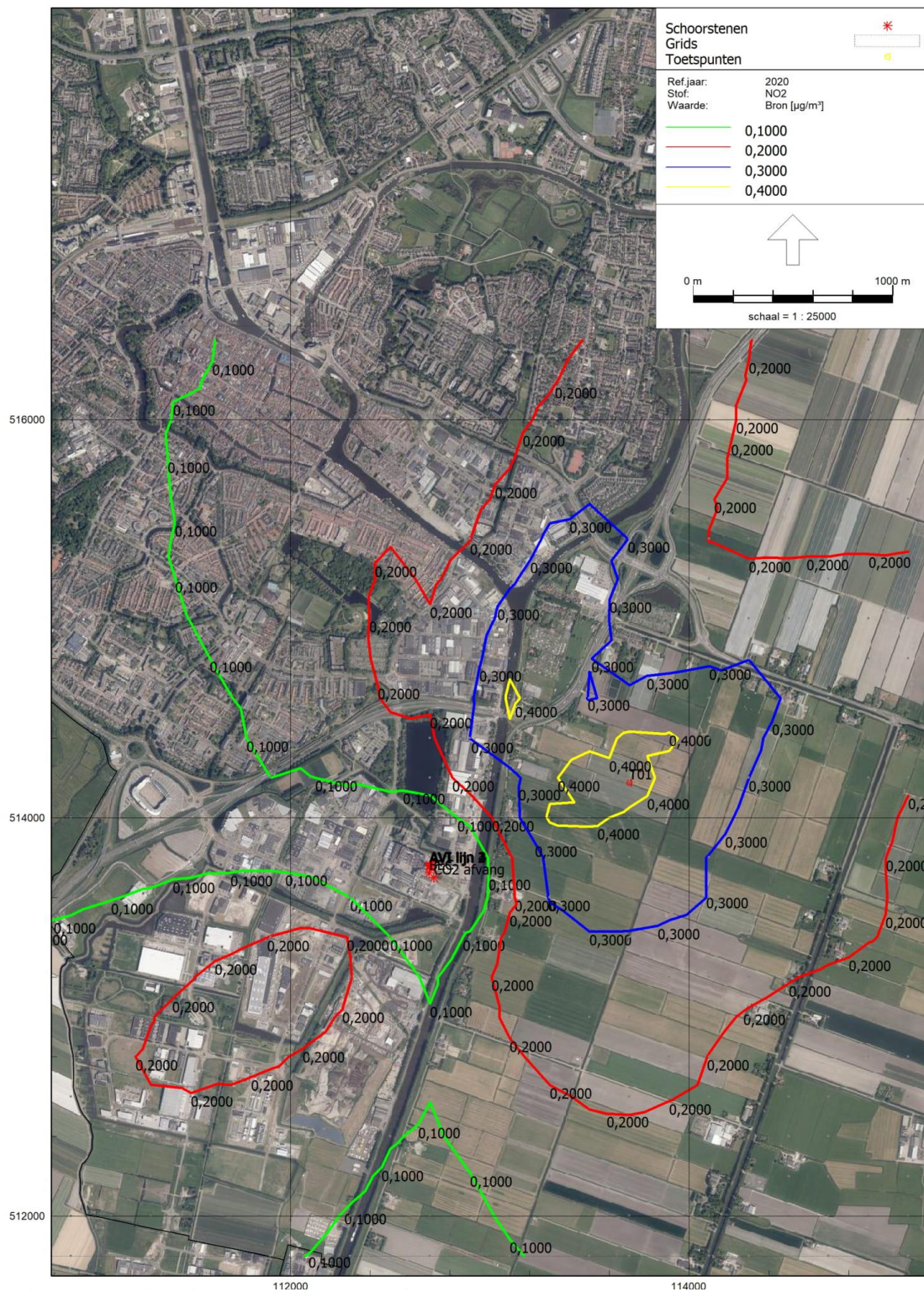
Figuur I Jaargemiddelde concentraties SO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





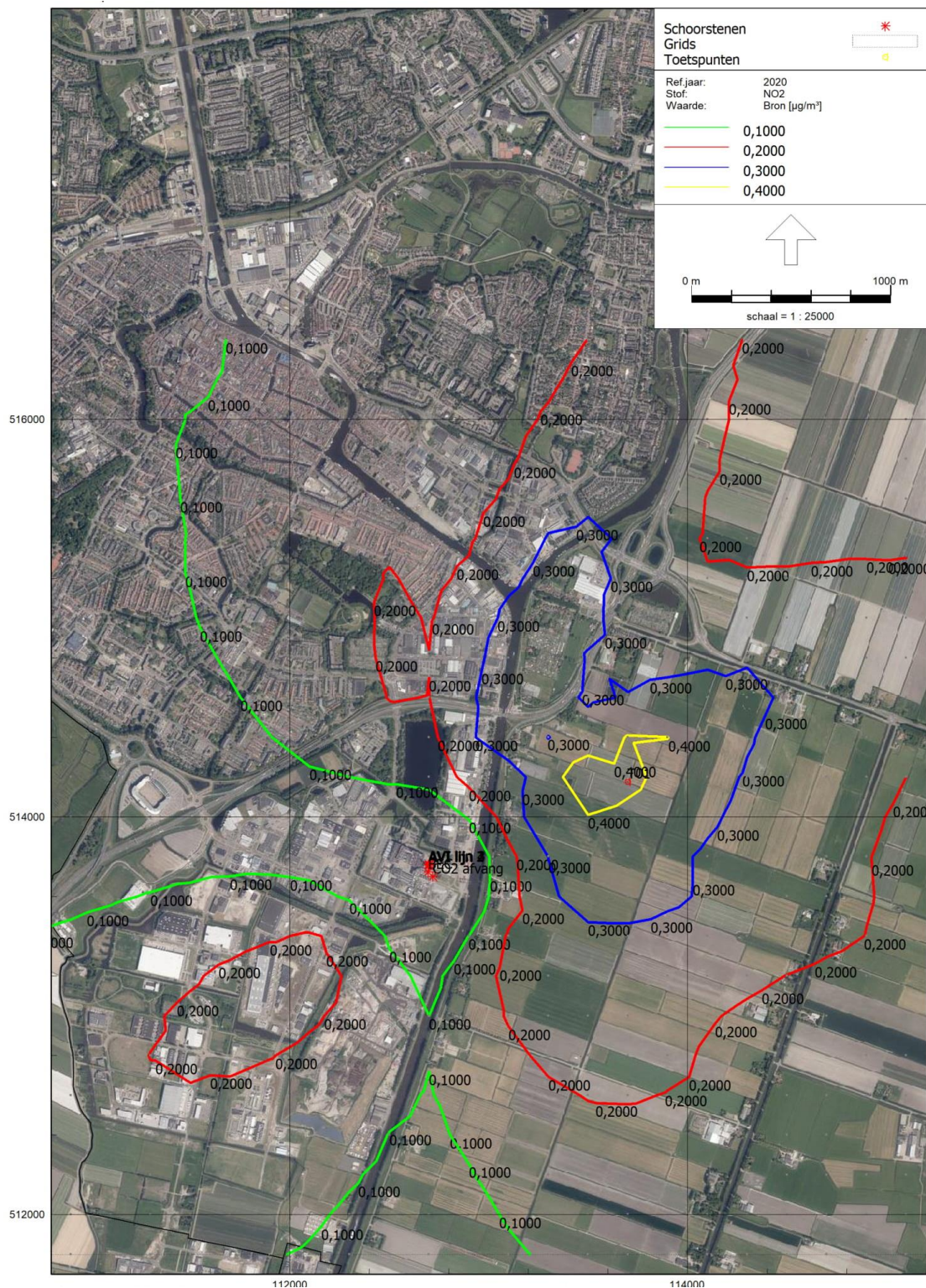
Figuur m Jaargemiddelde concentraties NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie



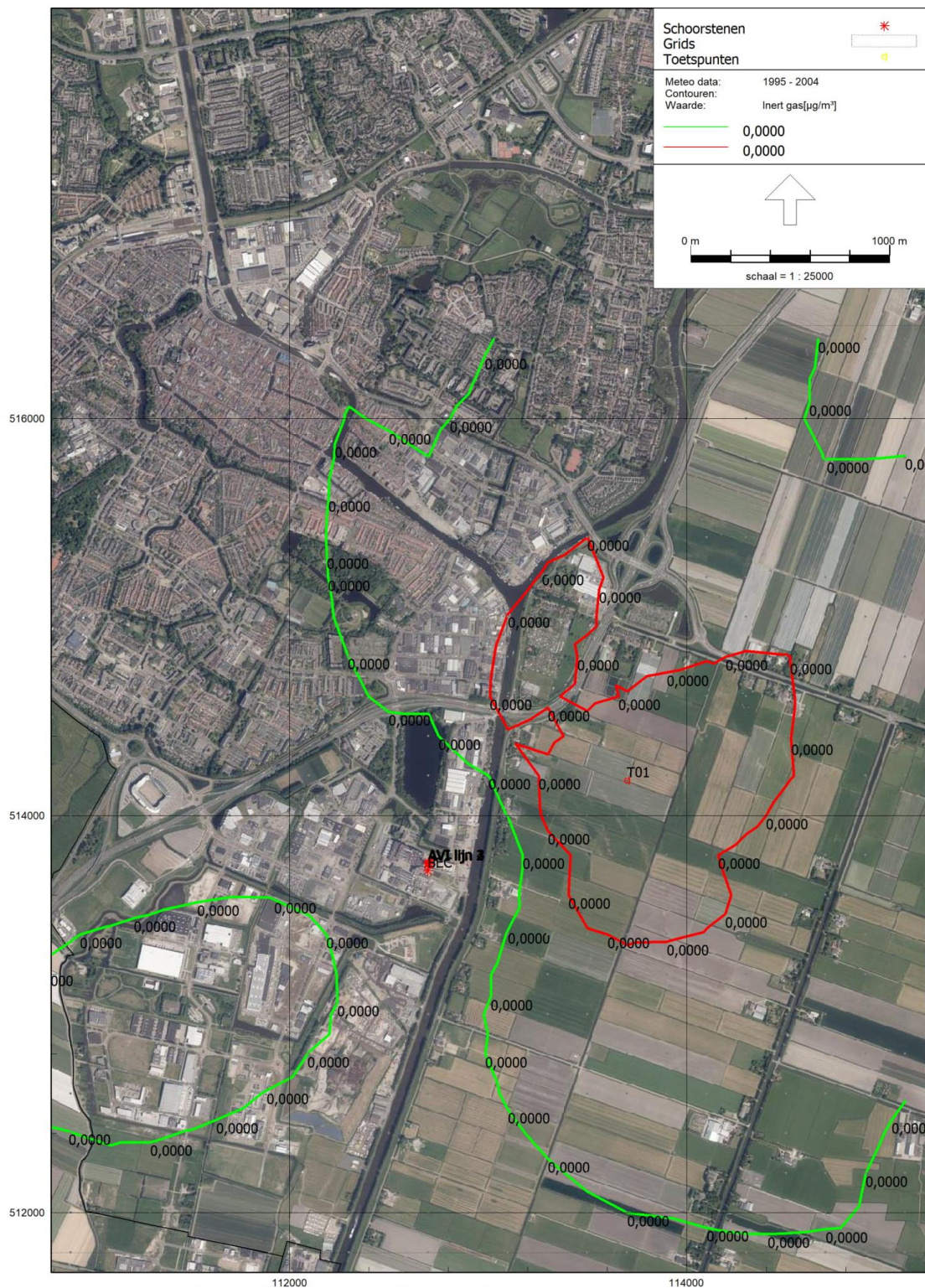


Figuur n Jaargemiddelde concentraties NO_x (µg/m³): BEC -> CO₂-afvanginstallatie



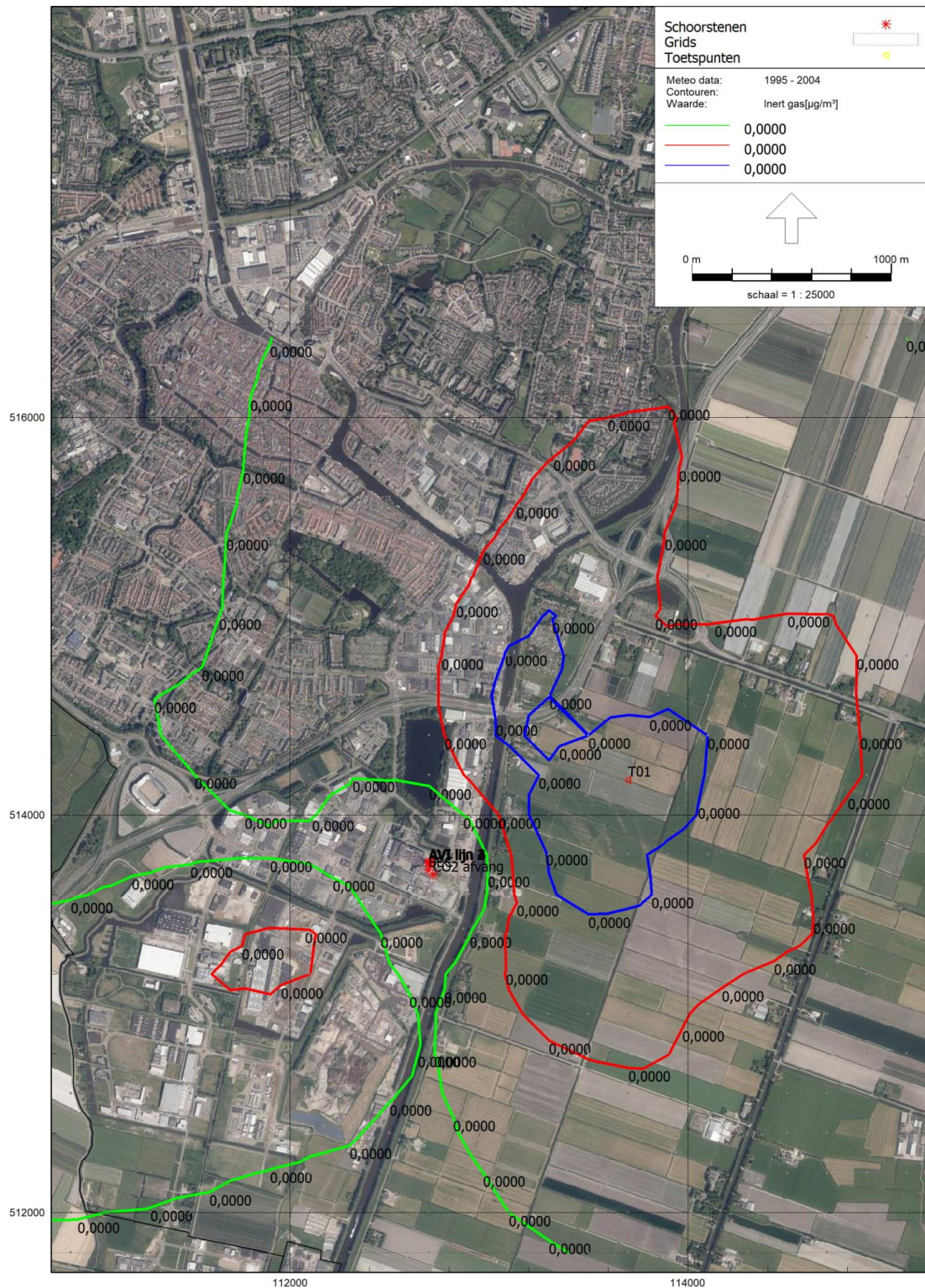


Figuur o Jaargemiddelde concentraties NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie

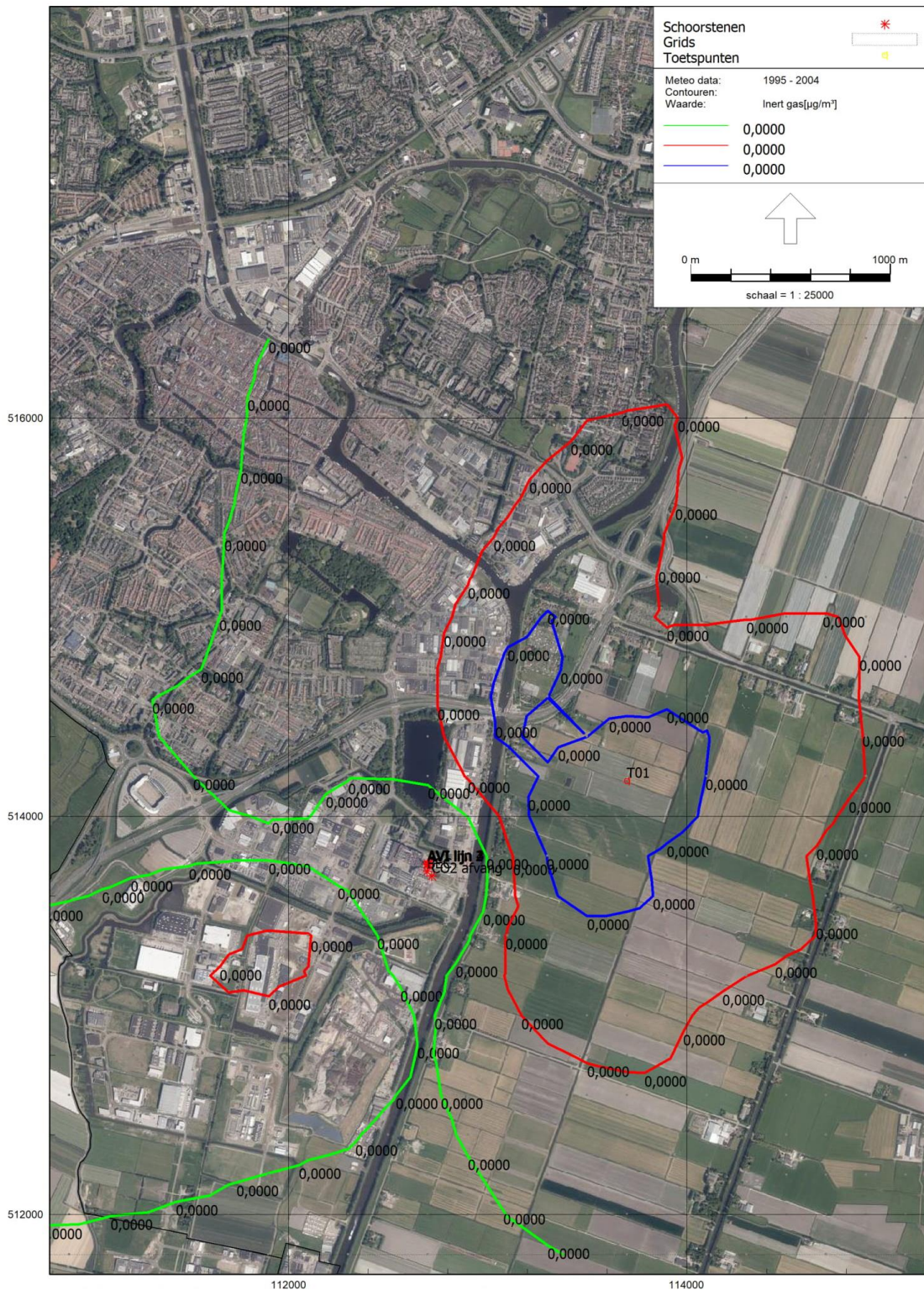


Figuur p Jaargemiddelde concentraties Hg (0,0001 en 0,0002 µg/m³) in de vergunde situatie



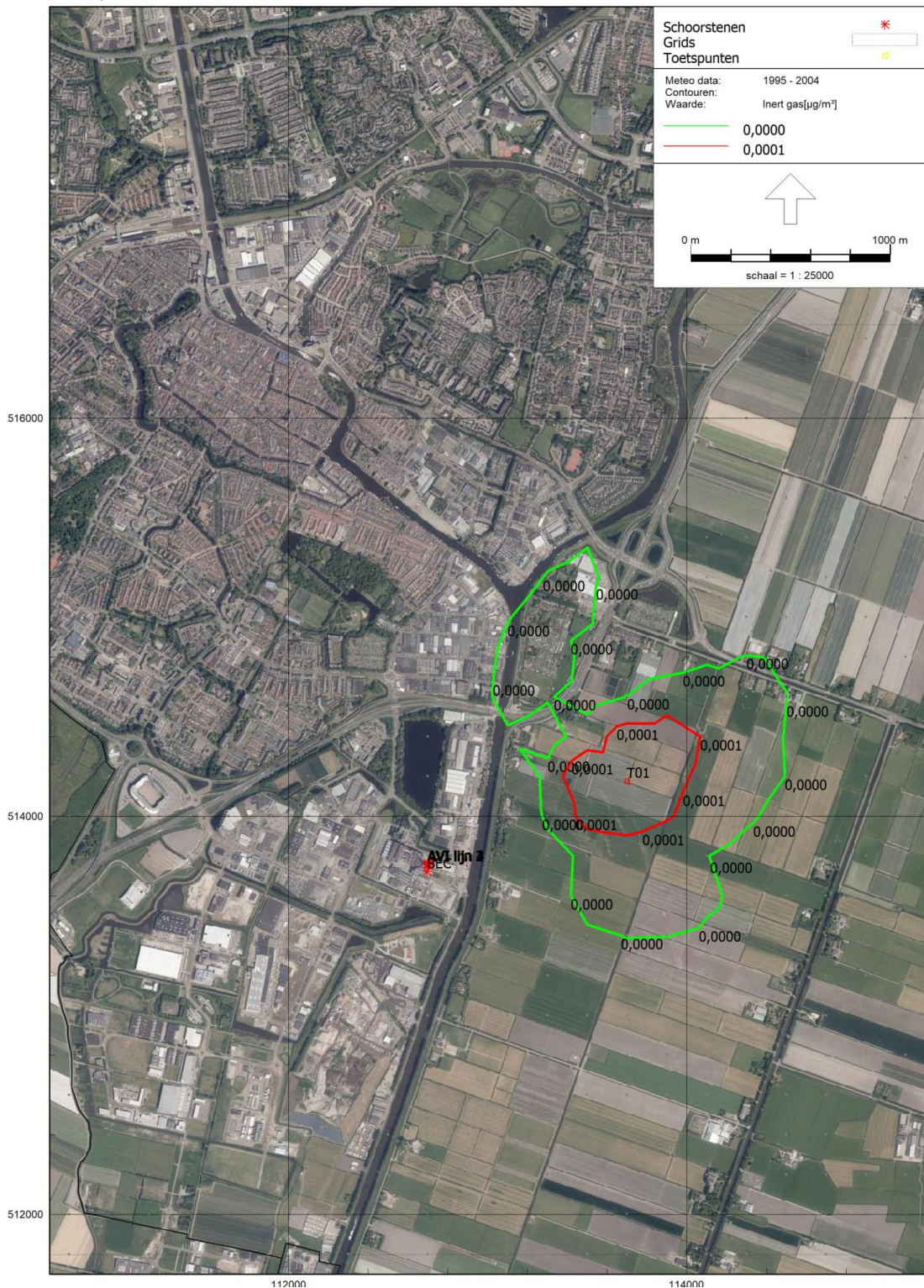


Figuur q Jaargemiddelde concentraties Hg (0,00001; 0,00002 en 0,00003 µg/m³): BEC - > CO₂-afvanginstallatie



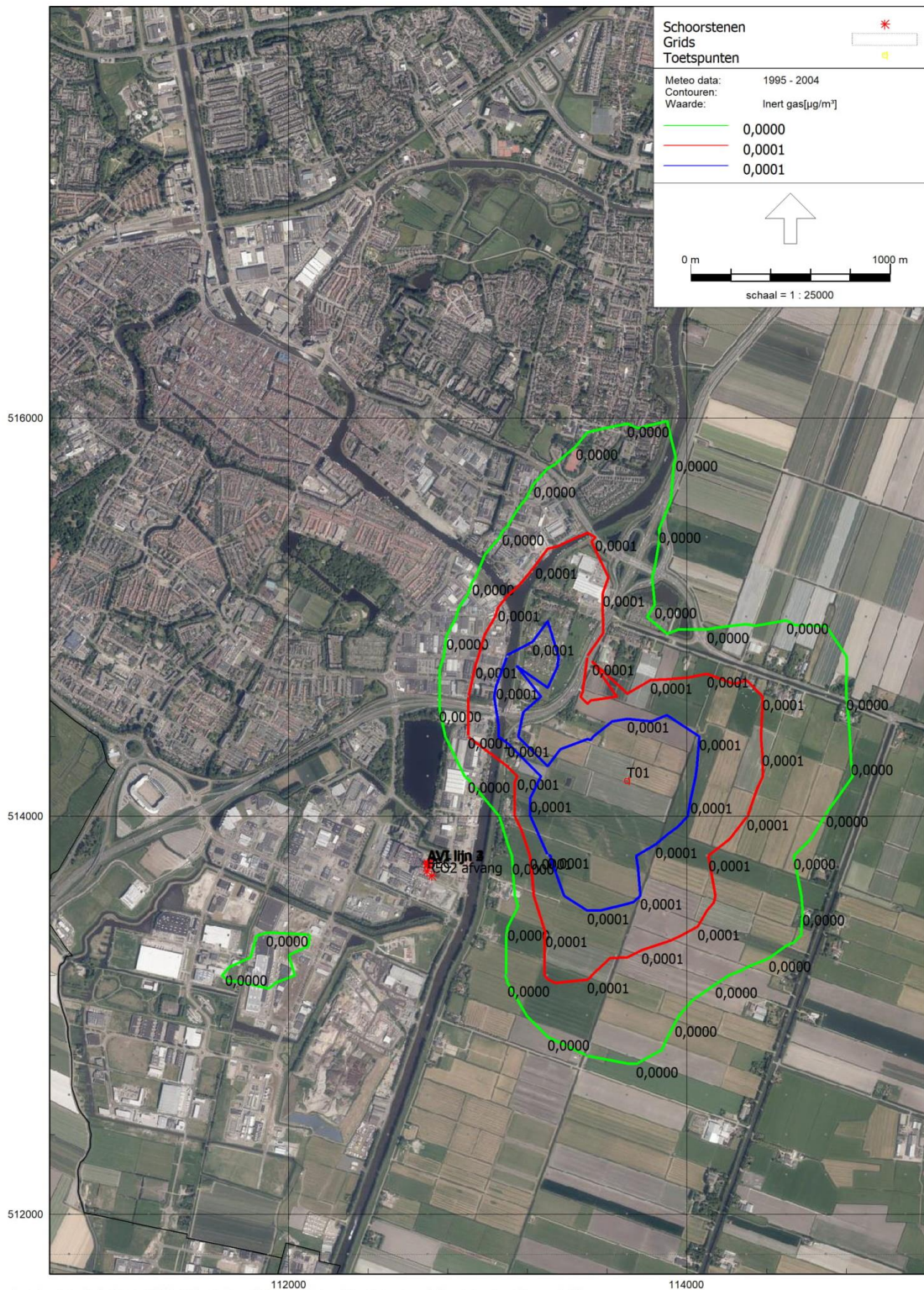
**Figuur r Jaargemiddelde concentraties Hg (0,00001; 0,00002 en 0,00003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4
-> CO₂-afvanginstallatie**





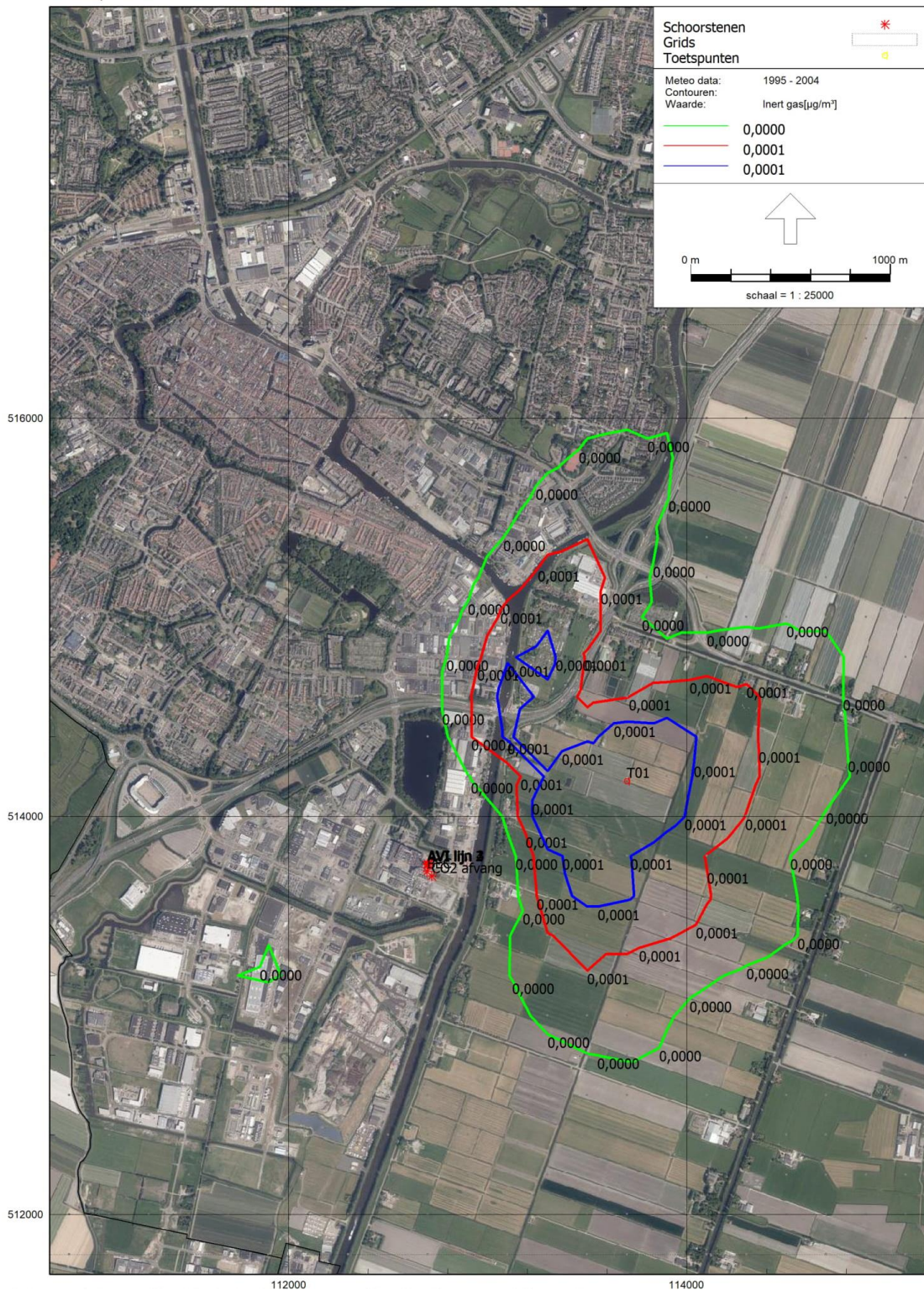
Figuur 5 Jaargemiddelde concentraties Cd+Tl (0,00004 en 0,00005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie





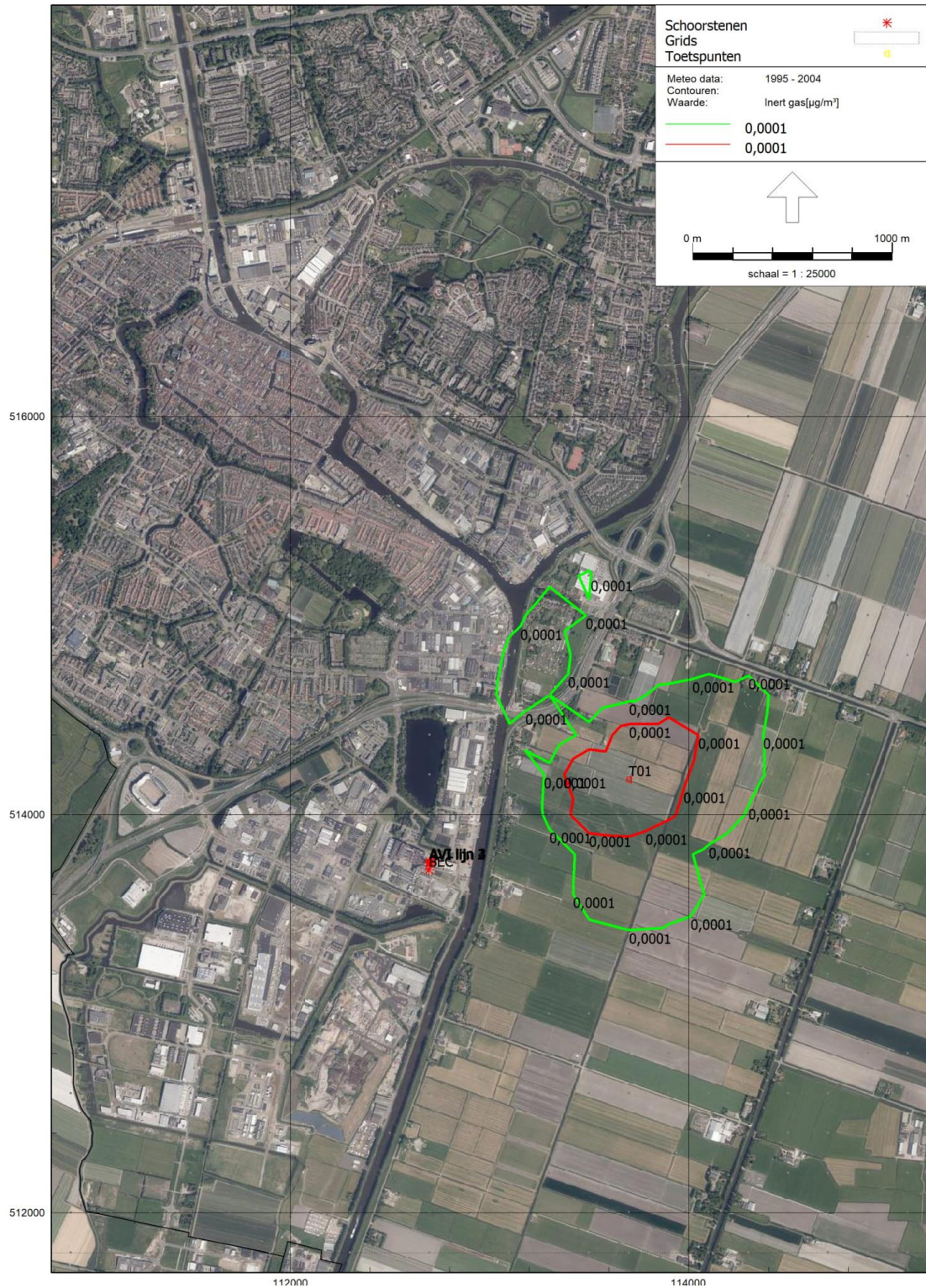
Figuur t Jaargemiddelde concentraties Cd+Tl (0,00004; 0,00005 en 0,00006 µg/m³): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





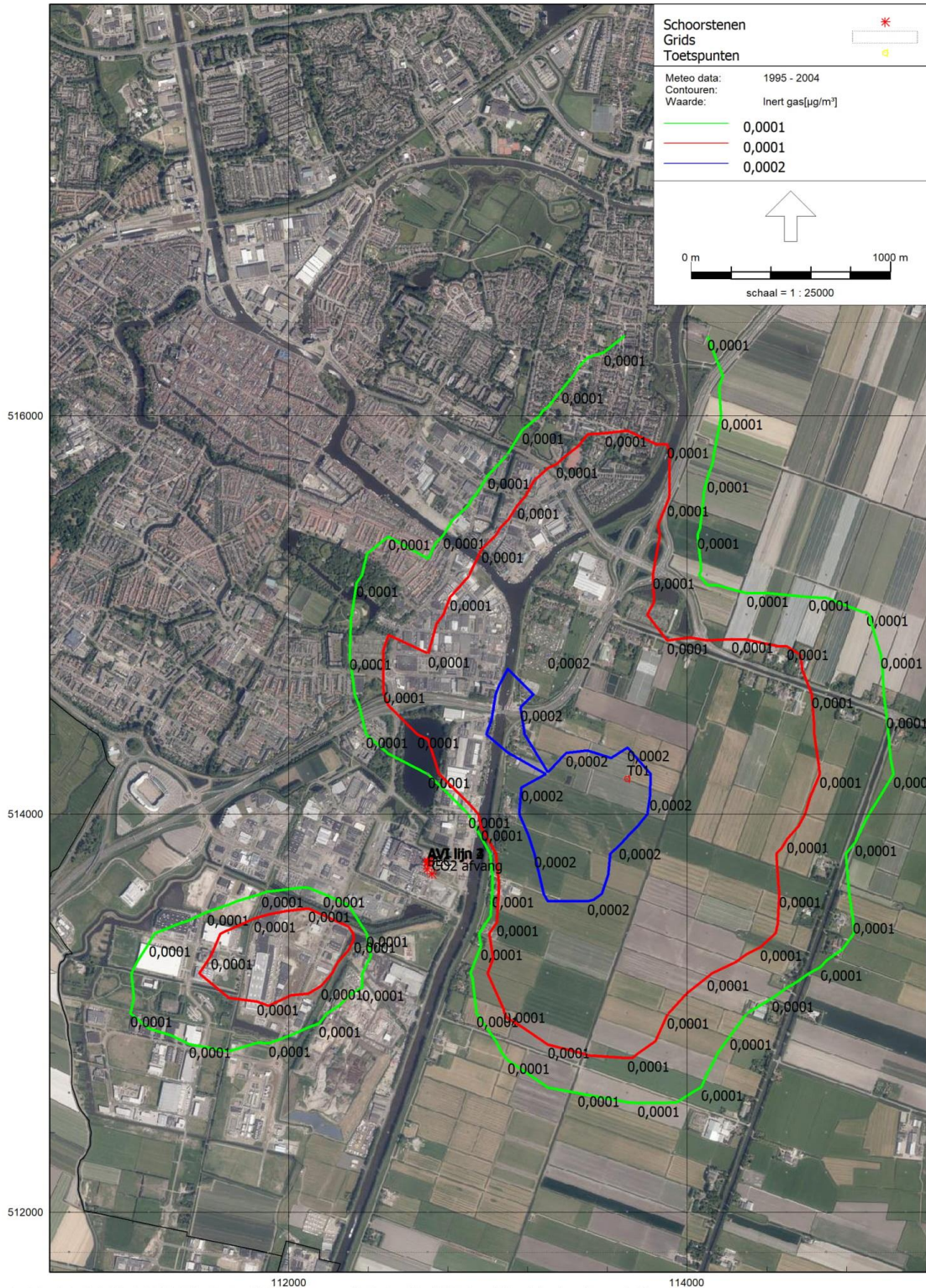
**Figuur u Jaargemiddelde concentraties Cd+Tl (0,00004; 0,00005 en 0,00006 µg/m³):
 Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie**





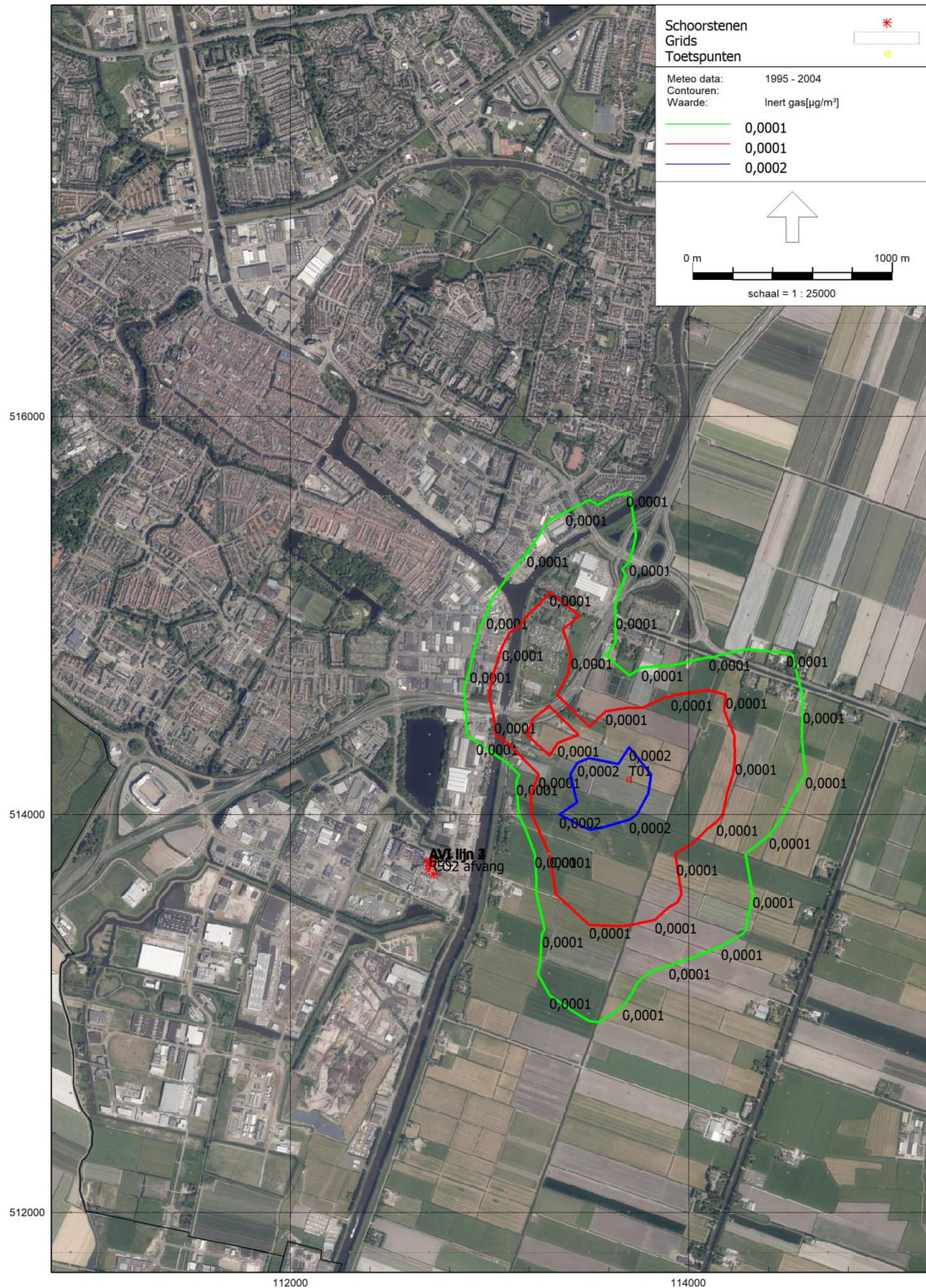
Figuur v Jaargemiddelde concentraties Σ zware metalen (0,00010 en 0,00012 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie





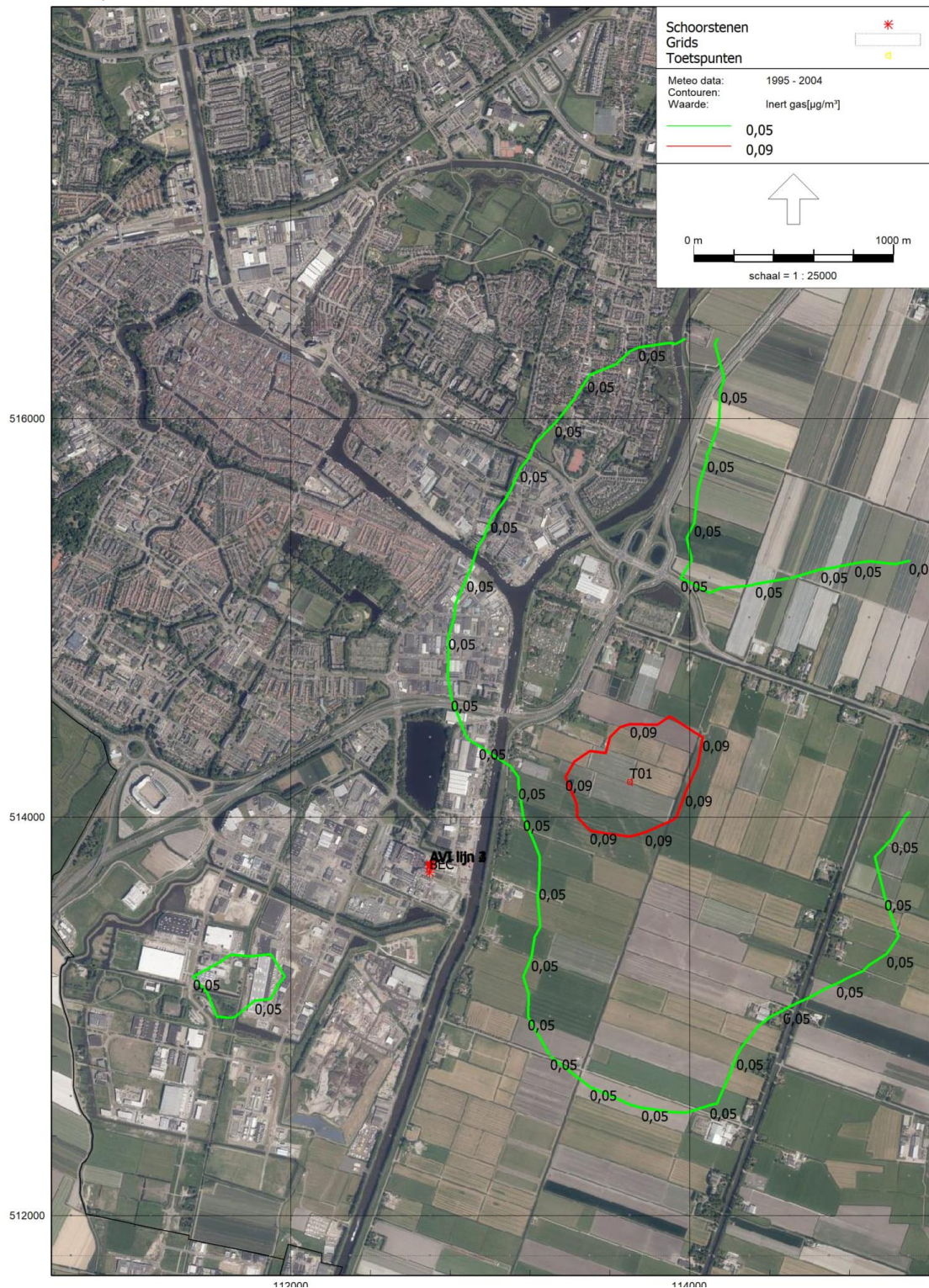
Figuur w Jaargemiddelde concentraties Σ zware metalen (0,00010; 0,00012 en 0,00020 µg/m³): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





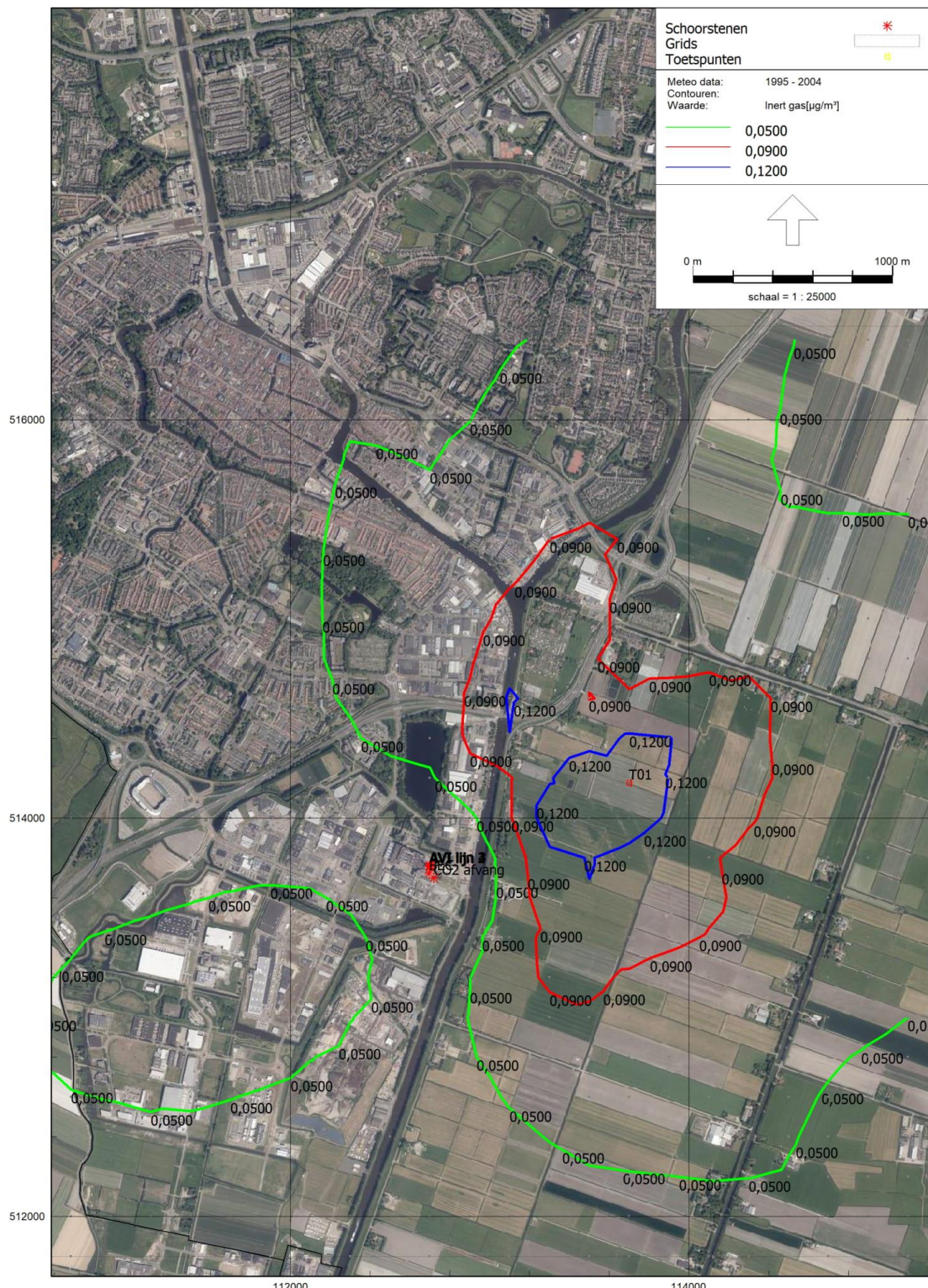
Figuur x Jaargemiddelde concentraties Σ zware metalen (0,00010; 0,00012 en 0,00015 µg/m³): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





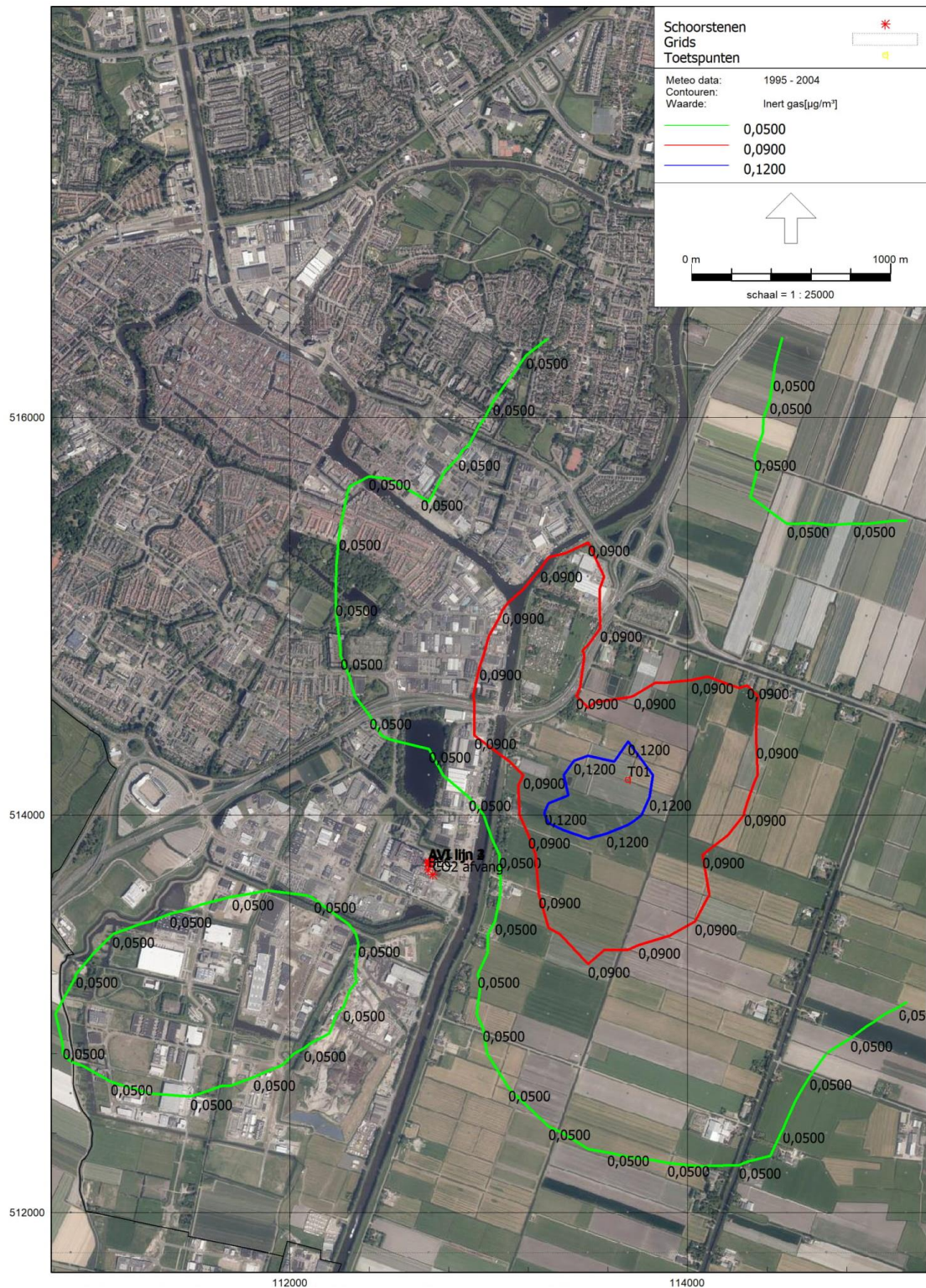
Figuur y Jaargemiddelde concentraties CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie





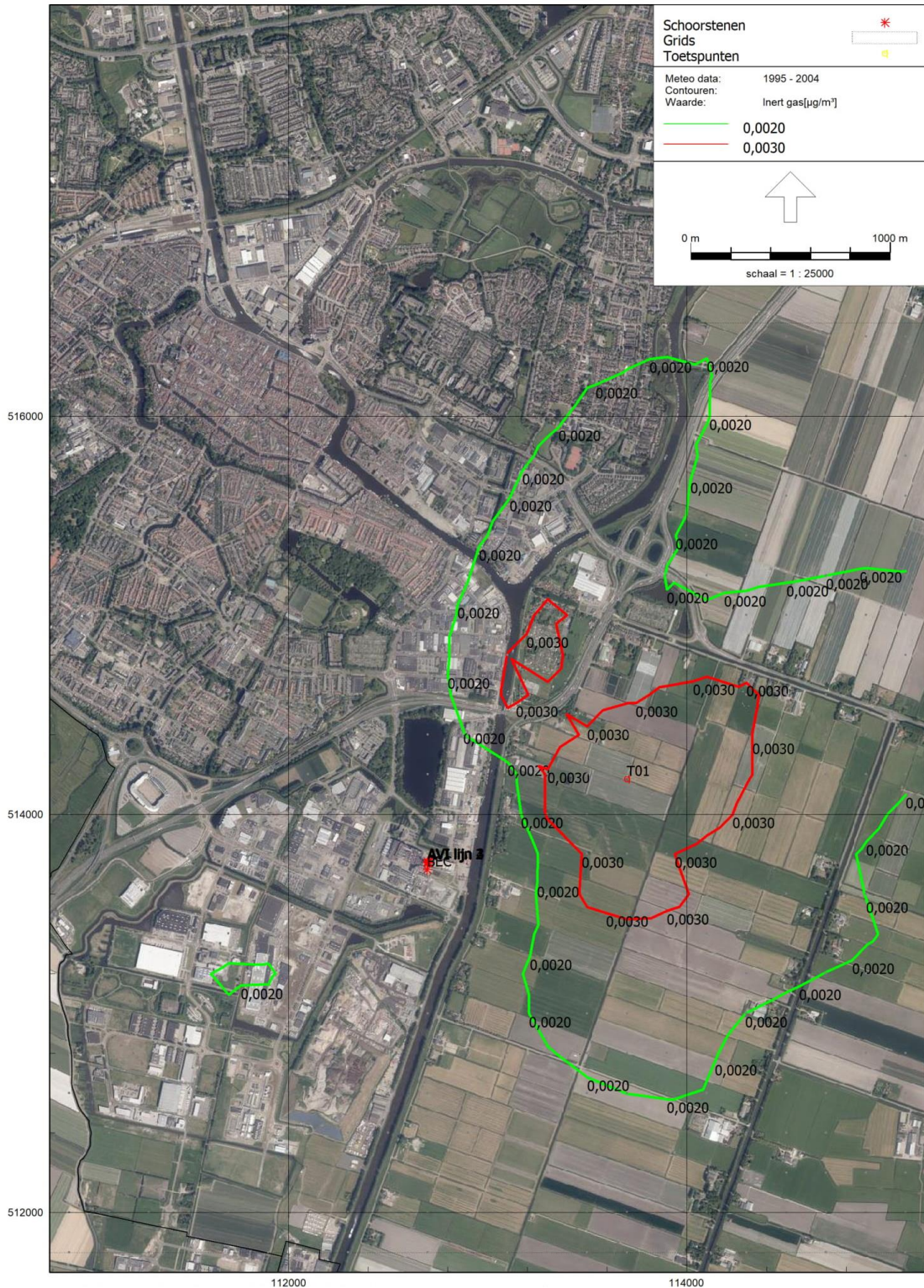
Figuur z Jaargemiddelde concentraties CO (µg/m³): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





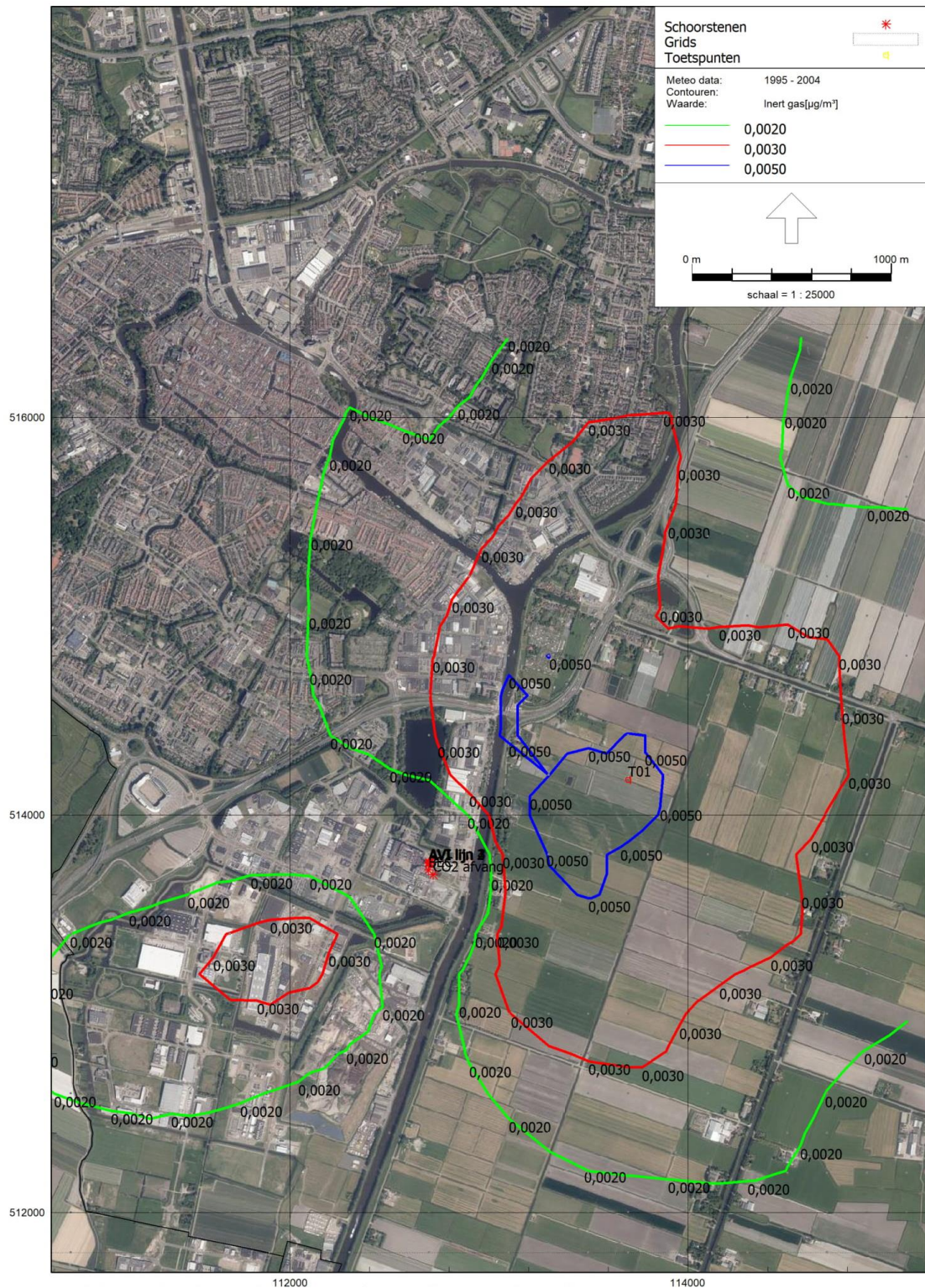
Figuur aa Jaargemiddelde concentraties CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





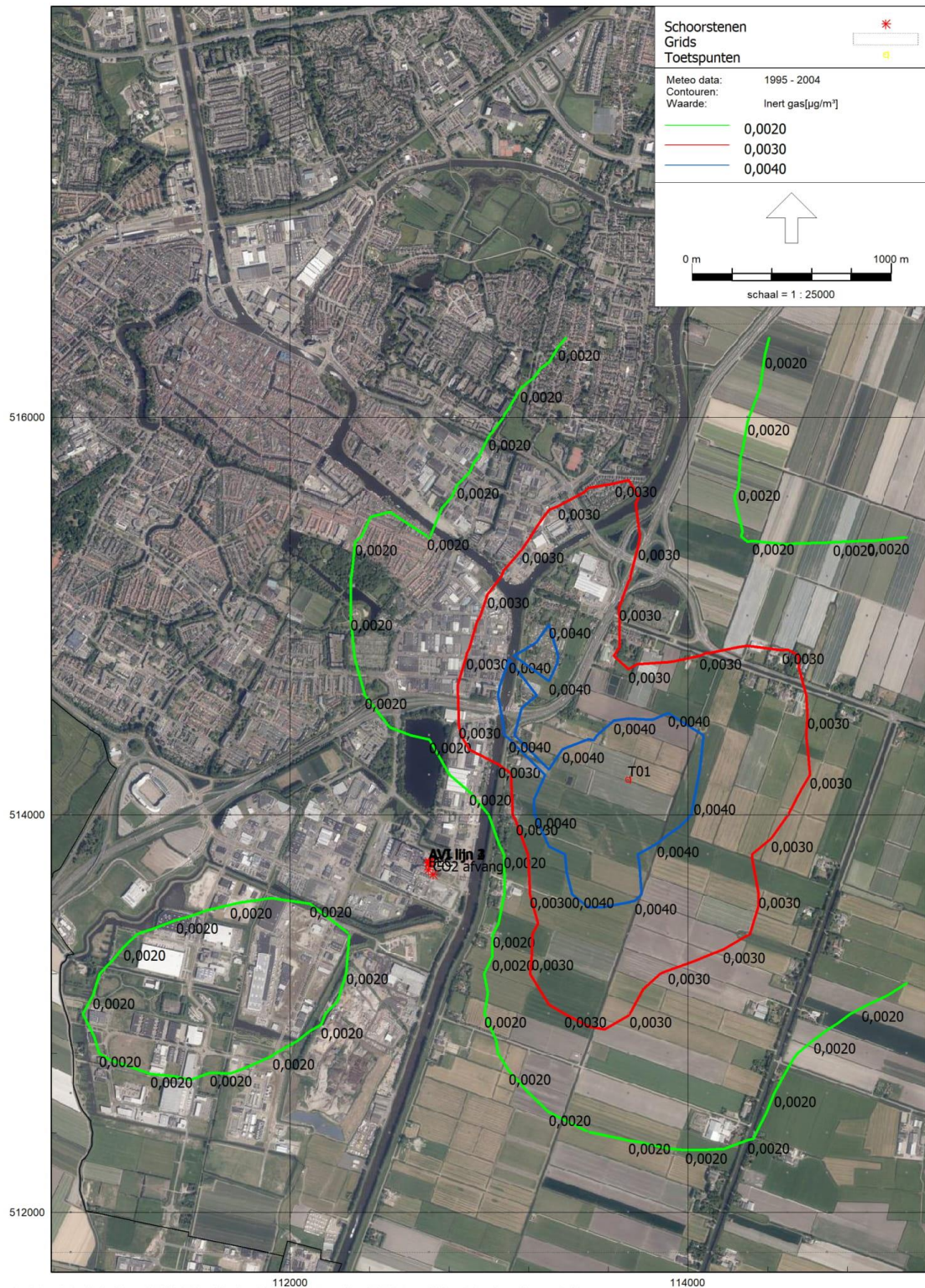
Figuur bb Jaargemiddelde concentraties C_xH_y in de vergunde situatie





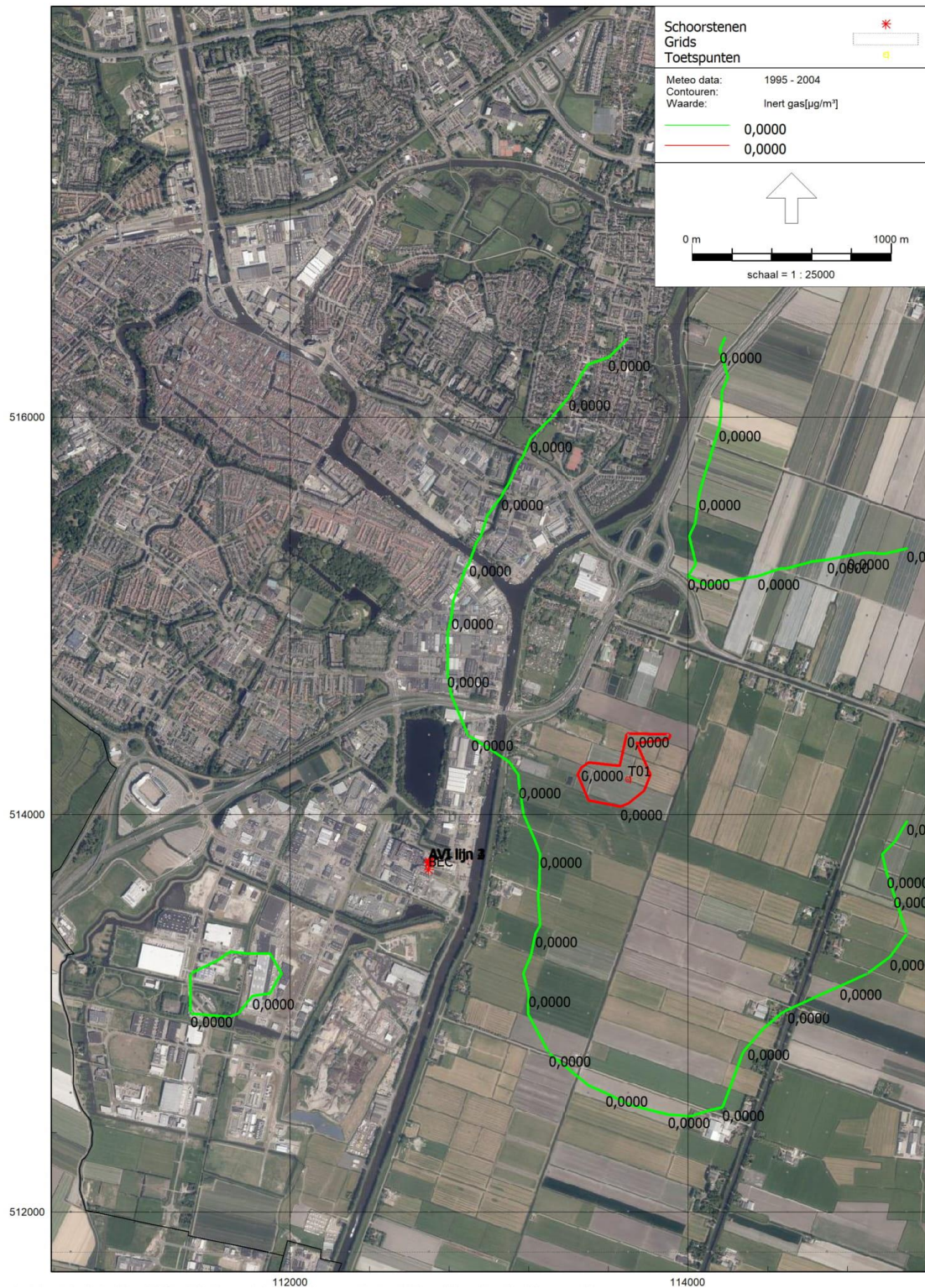
Figuur cc Jaargemiddelde concentraties C_xH_y : BEC -> CO_2 -afvanginstallatie



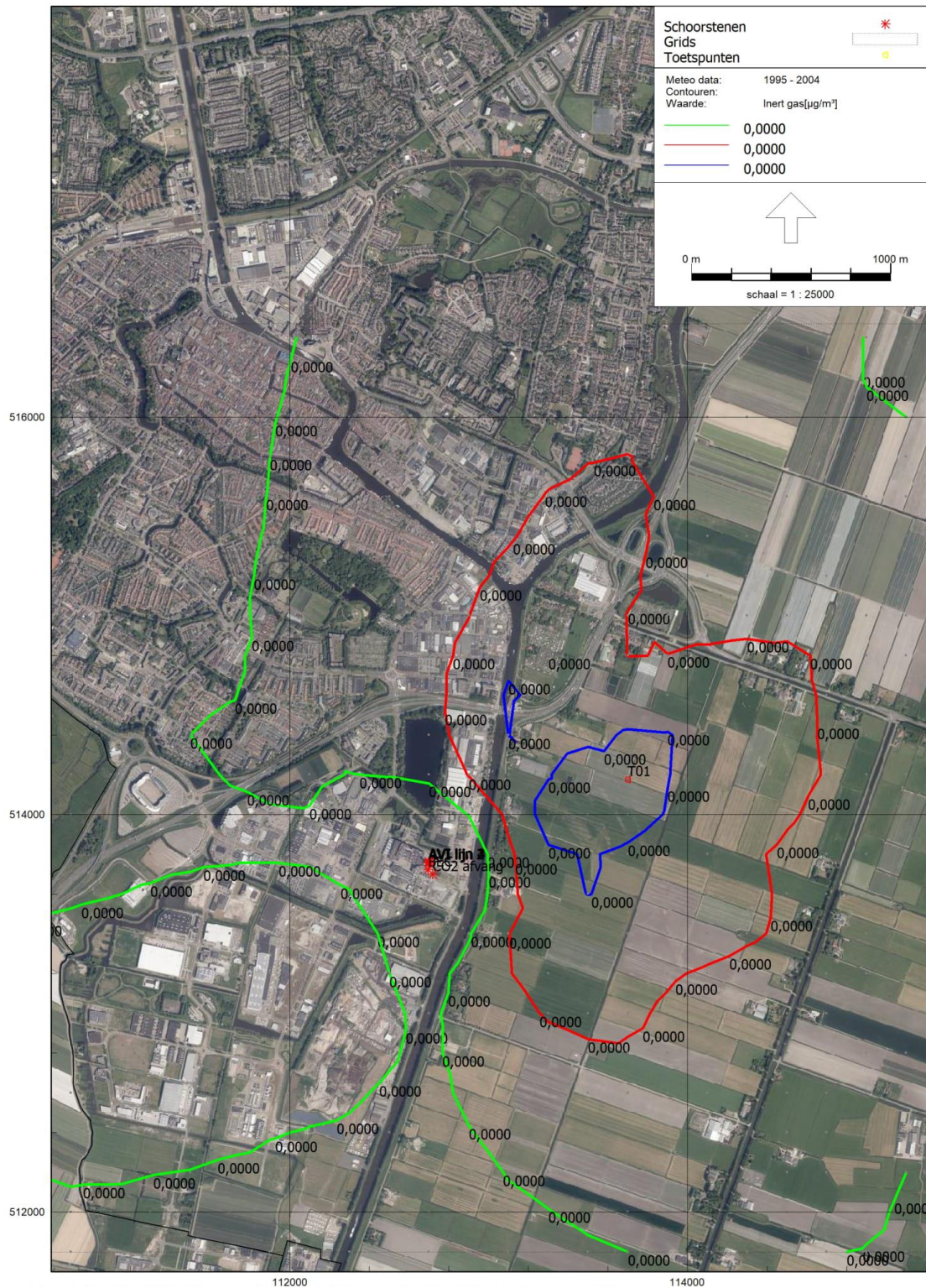


Figuur dd Jaargemiddelde concentraties C_xH_y : Lijn 4 -> CO_2 -afvanginstallatie



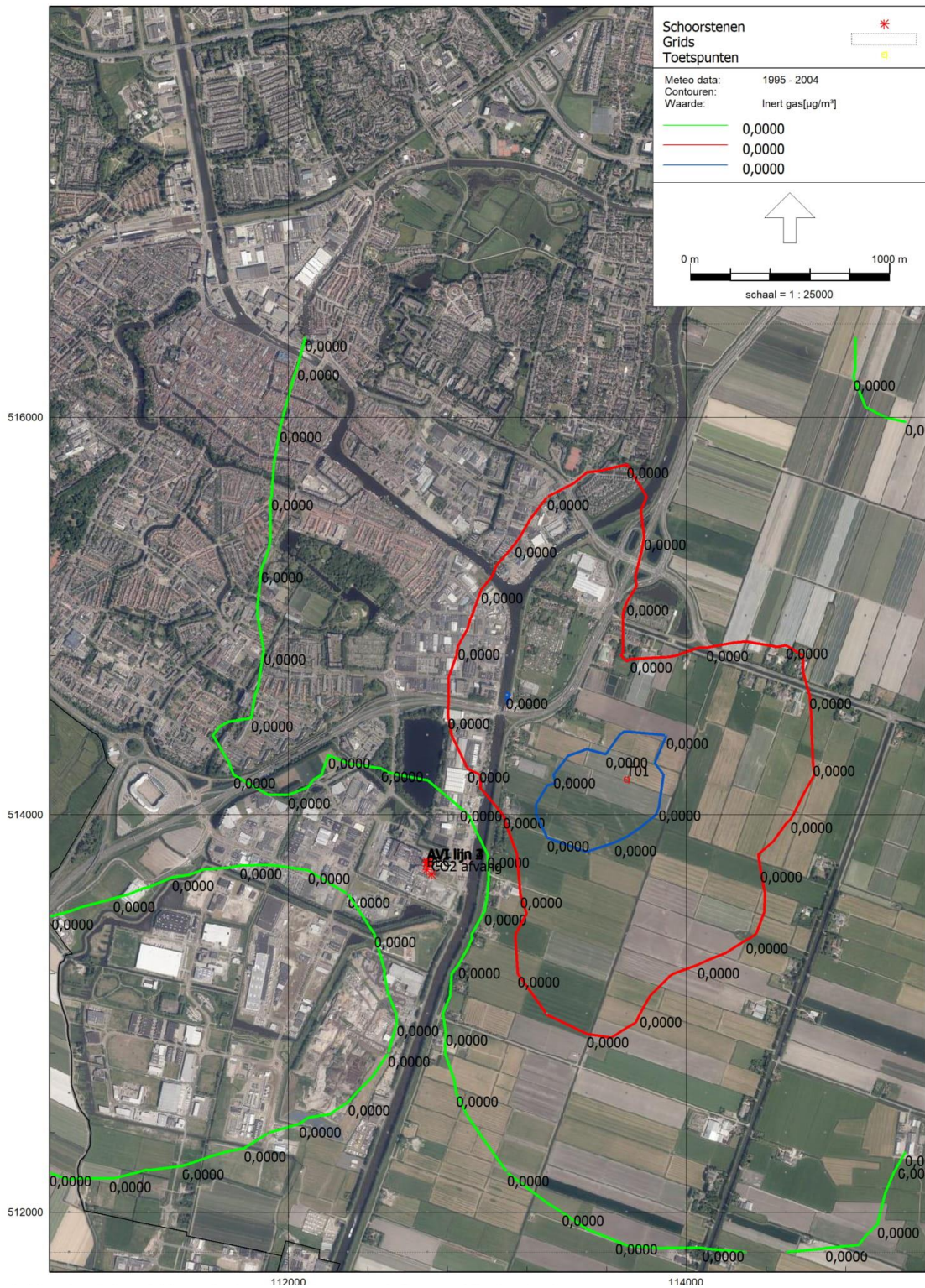


Figuur ee Jaargemiddelde concentraties PCDD/PCDF ($0,000001$ en $0,000002 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in de vergunde situatie



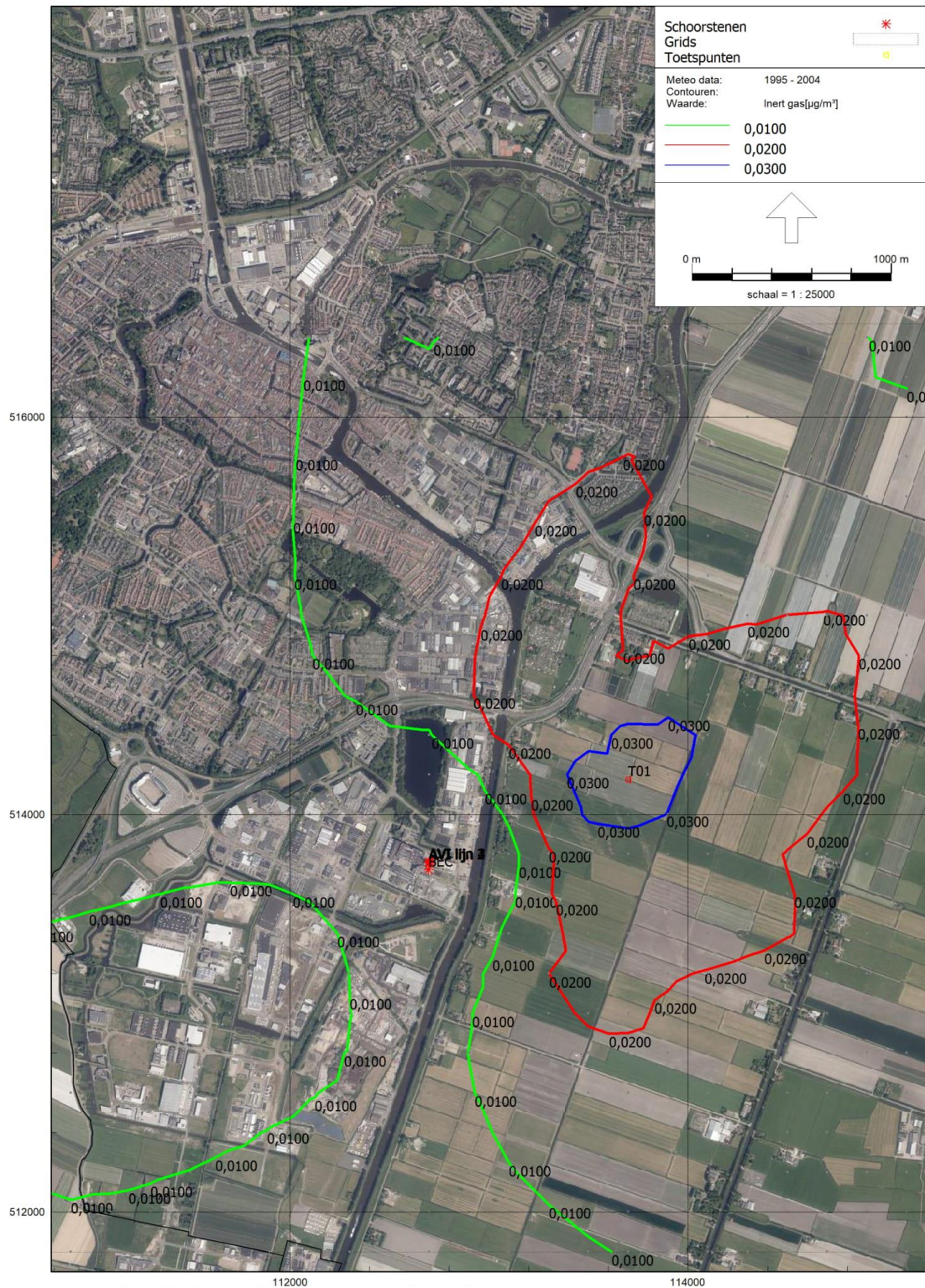
Figuur ff Jaargemiddelde concentraties PCDD/PCDF (0,000001; 0,000002 en 0,000003 µg/m³): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





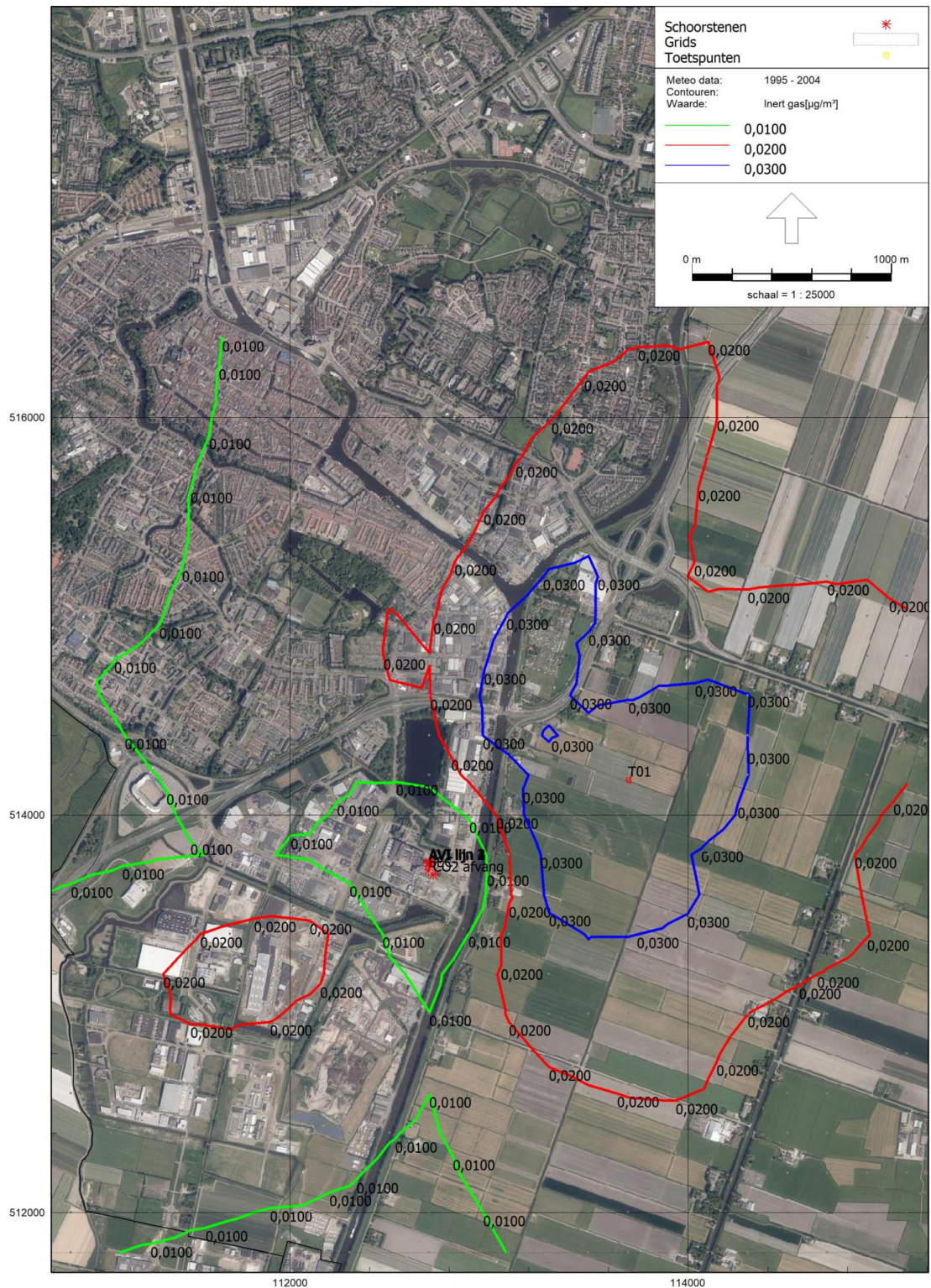
Figuur gg Jaargemiddelde concentraties PCDD/PCDF (0,00001; 0,00002 en 0,00003 µg/m³): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





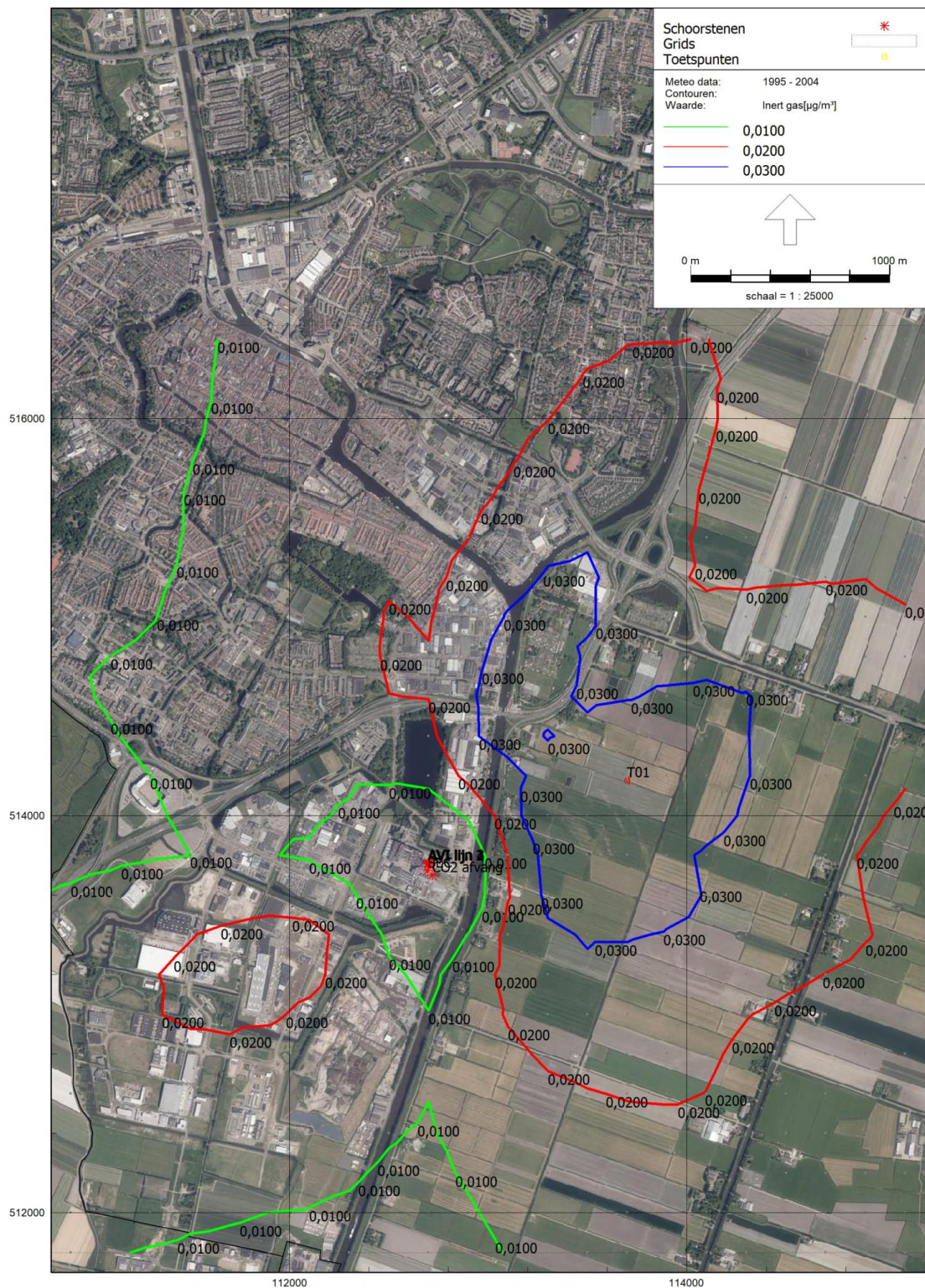
Figuur hh Jaargemiddelde ammoniakconcentraties (µg/m³) in de vergunde situatie





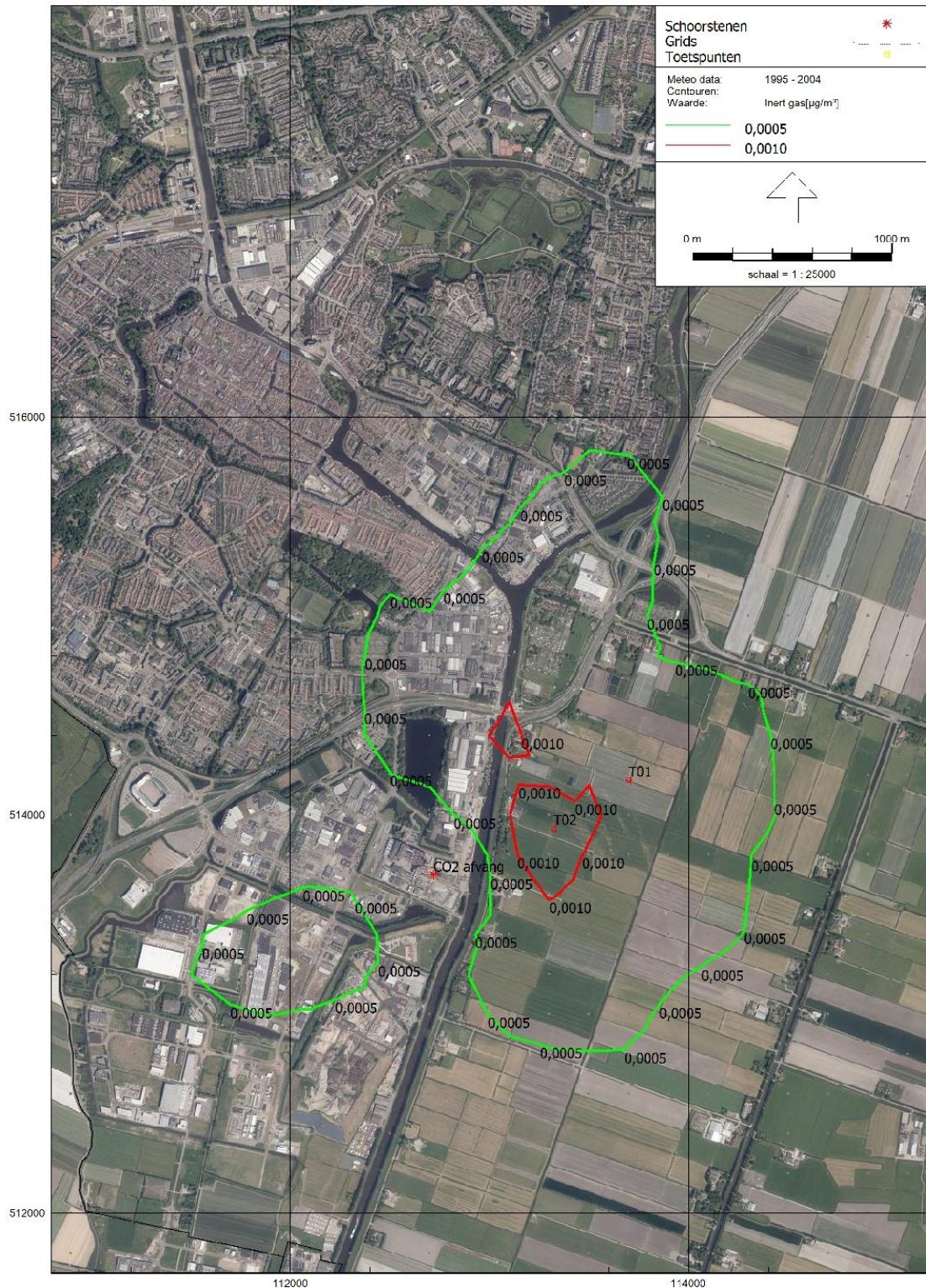
Figuur ii Jaargemiddelde ammoniakconcentraties (µg/m³): BEC -> CO₂-afvanginstallatie





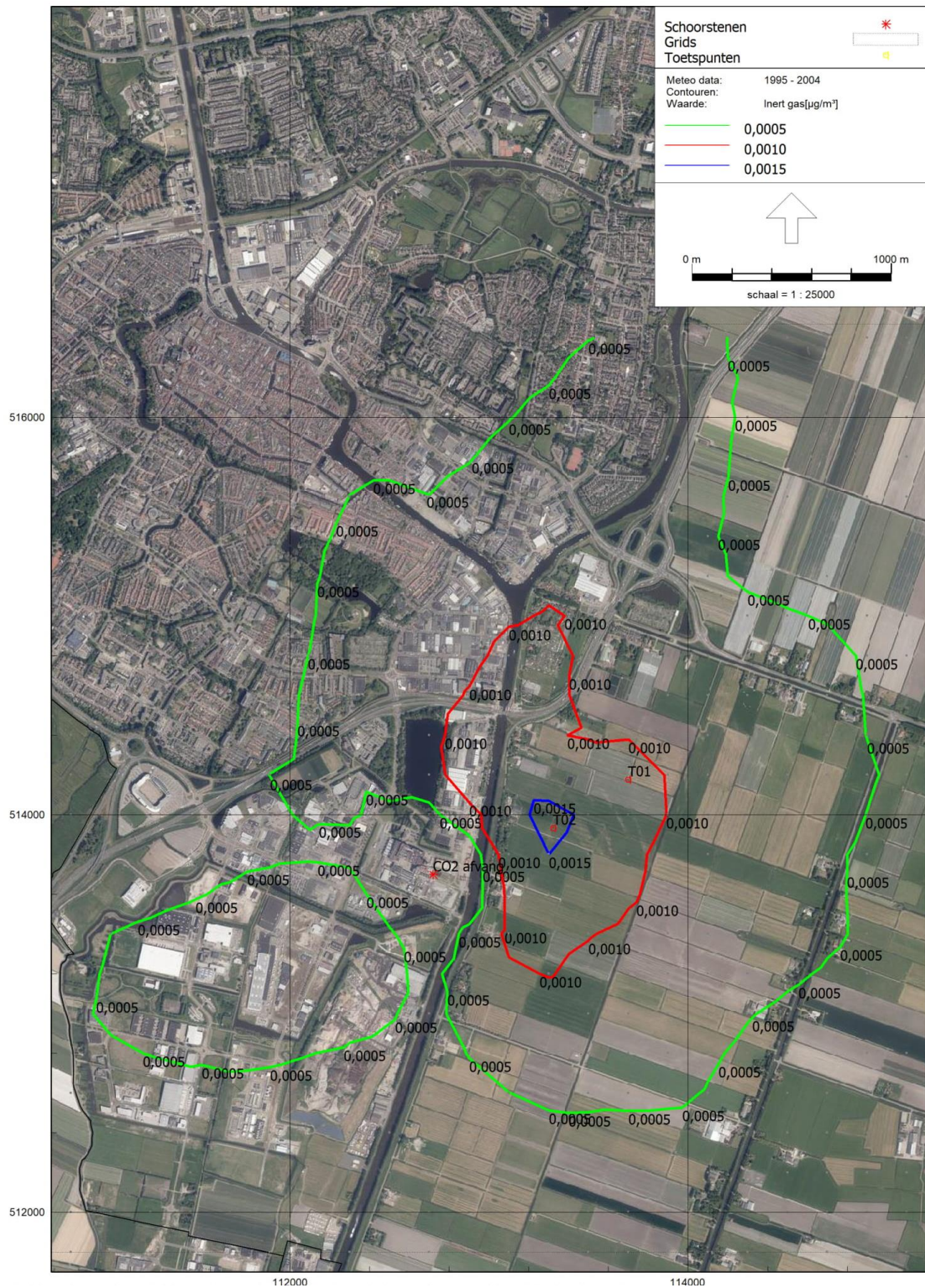
Figuur jj Jaargemiddelde ammoniakconcentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Lijn 4 -> CO₂-afvanginstallatie





Figuur kk Jaargemiddelde acetaldehydeconcentraties als gevolg van CO₂-afvanginstallatie





Figuur II Jaargemiddelde formaldehydeconcentraties als gevolg van CO₂-afvanginstallatie



Worst-case berekening voor de bijdrage van het extra verkeer als gevolg van een plan op de luchtkwaliteit

Jaar van planrealisatie	2020
Extra verkeer als gevolg van het plan	
Extra voertuigbewegingen (weekdaggemiddelde)	28
Aandeel vrachtverkeer	100,0%
Maximale bijdrage extra verkeer	
NO ₂ in µg/m ³	0,21
PM ₁₀ in µg/m ³	0,02
Grens voor "Niet In Betekenende Mate" in µg/m ³	1,2
Conclusie	
De bijdrage van het extra verkeer is niet in betekenende mate; geen nader onderzoek nodig	

Implementatie van Standaard RekenMethode 1 op basis van de worst-case benadering

Type gegevens		NO ₂	PM ₁₀
Rekenjaar	Jaar van planrealisatie	2020	2020
Weggegevens	Breedte van de ontsluitingsweg	5	5
	Afstand van het rekenpunt tot de wegrand	5	5
	Afstand van het rekenpunt tot de wegas	7,5	7,5
	rekenparameter a	0,000488	0,000488
	rekenparameter b	-0,0308	-0,0308
	rekenparameter c	0,59	0,59
Autonoom verkeer	verduunningsfactor	0,38645	0,38645
	Aantal voertuigbewegingen	14220	nvt
	Percentage vrachtverkeer	0%	nvt
Extra verkeer	Aantal voertuigbewegingen (weekdaggemiddelde)	28	28
	Percentage vrachtverkeer	100%	100%
Autonoom + extra verkeer	Aantal voertuigbewegingen (weekdaggemiddelde)	14248	nvt
	Percentage vrachtverkeer	0,2%	nvt
Emissiefactoren NO _x en PM ₁₀ (gram/km)	Licht verkeer	0,4645	0,0333
	Vrachtverkeer	7,2063	0,1786
Emissiefactoren NO ₂ (gram/km)	Licht verkeer	0,114	nvt
	Vrachtverkeer	0,467	nvt
Emissies NO _x en PM ₁₀ (microgram/m/s)	Autonoom	76,45	nvt
	Extra verkeer	2,34	0,06
	Autonoom + Extra verkeer	78,79	nvt
Fractie direct uitgestoten NO ₂	Licht verkeer	0,25	nvt
	Vrachtverkeer	0,06	nvt
Gemiddelde fractie direct uitgestoten NO ₂	Autonoom	0,245	nvt
	Extra verkeer	0,065	nvt
	Autonoom + Extra verkeer	0,240	nvt
Overige invoergegevens	Bomenfactor	1,5	1,5
	Regiofactor meteorologie	1,16	1,05
Parameters	B	0,6	0,6
	K	100	100
Jaargemiddelde bijdrage NO _x	Autonoom	31,8	nvt
	Autonoom + Extra verkeer	32,8	nvt
Locatiespecifieke achtergrondconcentraties	Jaargemiddelde in µg NO ₂ /m ³	27,9	nvt
	Jaargemiddelde in µg O ₃ /m ³	41,29	nvt
Jaargemiddelde NO ₂ concentraties	Totaal autonoom jaargemiddelde in µg/m ³	40,5	nvt
	Bijdrage autonome verkeer in µg/m ³	12,60	nvt
	Bijdrage autonome+extra verkeer in µg/m ³	12,81	nvt
	Maximale bijdrage extra verkeer in µg/m³	0,21	0,02

Dit document bevat rekenresultaten van AERIUS Calculator. Het betreft de hoogst berekende stikstofbijdragen per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied, op basis van rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant.

De berekening op basis van stikstofemissies gaat uit van de componenten ammoniak (NH₃) en/of stikstofoxide (NO_x).

Wilt u verder rekenen of gegevens wijzigen? Importeer de pdf dan in Calculator. Voor meer toelichting verwijzen wij u naar de website www.aerius.nl.

Berekening Nb en CO₂-afvang

- ▶ Kenmerken
- ▶ Samenvatting emissies
- ▶ Depositieresultaten
- ▶ Gedetailleerde emissiegegevens

Verdere toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via:
<https://www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers>.

AERIUS CALCULATOR

Contact

Rechtspersoon	Inrichtingslocatie
Kuiper & Burger	jadestraat 1, 1812 RD Alkmaar

Activiteit

Omschrijving	AERIUS kenmerk	
CO ₂ -afvanginstallatie	S1hKH7LzJsmZ	
Datum berekening	Rekenjaar	Rekenconfiguratie
22 oktober 2020, 14:33	2020	Berekend voor natuurgebieden

Totale emissie

	Situatie 1	Situatie 2	Vershil
NO _x	426,82 ton/j	369,67 ton/j	-57,15 ton/j
NH ₃	28,95 ton/j	16.670,33 kg/j	-12.282,30 kg/j

Resultaten

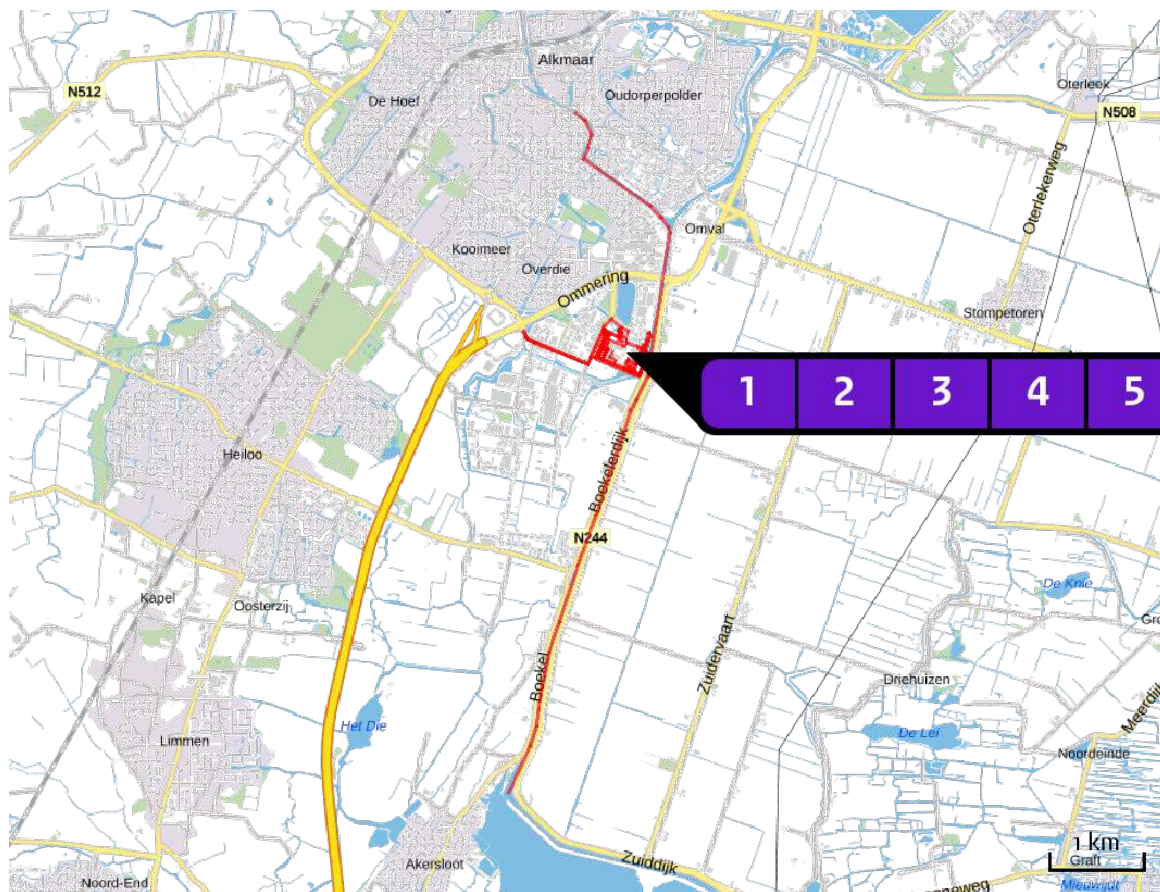
Hectare met
hoogste verschil
(mol/ha/j)

Natuurgebied
Uw berekening heeft geen verschillen opgeleverd boven 0,00 mol/ha/jr.

Toelichting














-














Locatie
Nb



Emissie
Nb

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
1	AVI verbrandingslijn 1 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
2	AVI verbrandingslijn 2 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
3	AVI verbrandingslijn 3 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
4	AVI verbrandingslijn 4 Industrie Overig	8.760,00 kg/j	77,00 ton/j
5	HSA 1 Industrie Overig	-	34,78 ton/j
6	HSA 2 Industrie Overig	-	19.754,20 kg/j

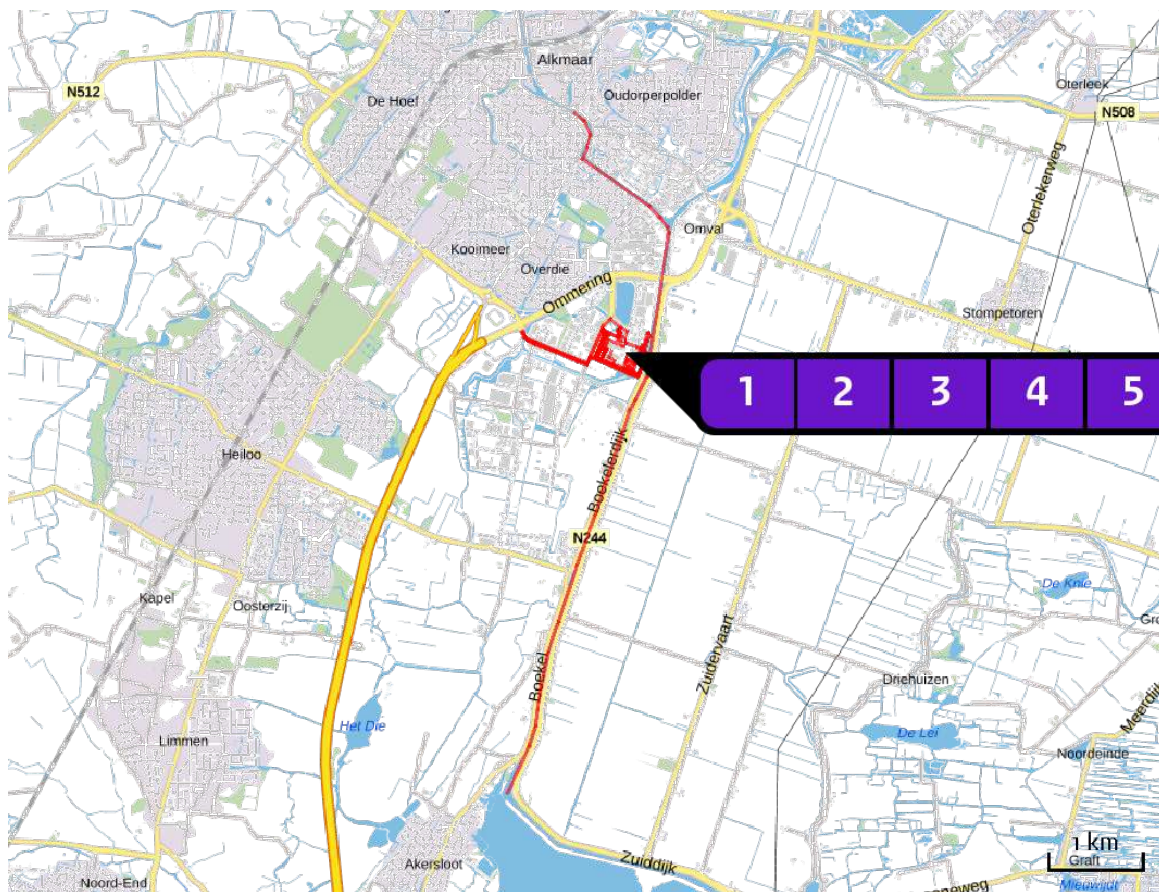
Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
7	 HSA 3 Industrie Overig	-	29,96 ton/j
8	 BEC Industrie Overig	7.008,00 kg/j	98,10 ton/j
9	 shovel Industrie Overig	-	144,50 kg/j
10	 shovel Industrie Overig	-	1.590,00 kg/j
11	 Bobcat Industrie Overig	-	407,80 kg/j
12	 mobiele kraan Industrie Overig	-	451,70 kg/j
13	 dieselheftruck Industrie Overig	-	41,60 kg/j
14	 Terberg Industrie Overig	-	108,40 kg/j
15	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
16	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
17	 dumper Industrie Overig	-	1.951,30 kg/j
18	 hydr.kraan Industrie Overig	-	138,60 kg/j
19	 cont.wissel LZV Industrie Overig	-	184,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
20	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j
21	 weegbrug vrw motor stationair Industrie Overig	-	626,00 kg/j
22	 vacuumwagen Industrie Overig	-	76,70 kg/j
23	 bulkwagen lossen hulpstoffen Industrie Overig	-	919,80 kg/j
24	 veegwagen Industrie Overig	-	58,30 kg/j
25	 hydr.kraan Industrie Overig	-	361,30 kg/j
26	 stationair draaien vrw motor kade 2 Industrie Overig	-	32,90 kg/j
27	 schip (verhalen) kade 2 Industrie Overig	-	11,60 kg/j
28	 stationair draaien vrw motor kade 1 Industrie Overig	-	12,60 kg/j
29	 schip (verhalen) kade 1 Industrie Overig	-	4,40 kg/j
30	 hydr.kraan Industrie Overig	-	118,80 kg/j
31	 stationair draaien vrw motor kade 3 Industrie Overig	-	65,70 kg/j
32	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
33	902 - vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	4,02 kg/j	481,61 kg/j
34	901 - lichte vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,94 kg/j	232,90 kg/j
35	903 - vw combi's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	94,14 kg/j
36	904 - vw LZV's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	22,76 kg/j
37	912 - vw hout kade>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	60,37 kg/j
38	907 - vw hout Sortiva>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	79,29 kg/j
39	911 - vw hout Sortiva>kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,73 kg/j	207,69 kg/j
40	905 - vw aanvoer hout BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	60,87 kg/j
41	906 - vw hout wisselplaats>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	3,47 kg/j
42	908 - vw rest/hulpstoffen Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	25,49 kg/j
43	910 - vw afvoer slakken >kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	3,80 kg/j	455,57 kg/j
44	914 - parkeerplaats Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	6,58 kg/j
45	916 - parkeerplaats lijnstop Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	2,22 kg/j














Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
46		915 - parkeerplaats west Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j 2,78 kg/j
47		703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	14,63 kg/j 1.223,85 kg/j
48		704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	9,87 kg/j 825,67 kg/j
49		702 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	4,87 kg/j 73,96 kg/j
50		701 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j 4,56 kg/j
51		S1 - 1 schip Scheepvaart Binnenvaart: Vaarroute	- 580,17 kg/j














Locatie
CO2-afvang



























Emissie
CO2-afvang

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
1	AVI verbrandingslijn 1 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
2	AVI verbrandingslijn 2 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
3	AVI verbrandingslijn 3 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
4	AVI 4 8552 uur Industrie Overig	1.038,20 kg/j	62,79 ton/j
5	HSA 1 Industrie Overig	-	34,78 ton/j
6	HSA 2 Industrie Overig	-	19.754,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
7	 HSA 3 Industrie Overig	-	29,96 ton/j
8	 BEC 2o8 uur Industrie Overig	57,30 kg/j	1.287,80 kg/j
9	 shovel Industrie Overig	-	144,50 kg/j
10	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
11	 Bobcat Industrie Overig	-	407,80 kg/j
12	 mobiele kraan Industrie Overig	-	451,70 kg/j
13	 dieselheftruck Industrie Overig	-	41,60 kg/j
14	 Terberg Industrie Overig	-	108,40 kg/j
15	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
16	 shovel Industrie Overig	-	1.144,80 kg/j
17	 dumper Industrie Overig	-	1.951,30 kg/j
18	 hydr.kraan Industrie Overig	-	138,60 kg/j
19	 cont.wissel LZV Industrie Overig	-	184,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
20	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j
21	 weegbrug vrw motor stationair Industrie Overig	-	626,00 kg/j
22	 vacuumwagen Industrie Overig	-	76,70 kg/j
23	 bulkwagen lossen hulpstoffen Industrie Overig	-	919,80 kg/j
24	 veegwagen Industrie Overig	-	58,30 kg/j
25	 hydr. kraan Industrie Overig	-	361,30 kg/j
26	 stationair draaien vrw motor kade 2 Industrie Overig	-	32,90 kg/j
27	 schip (verhalen) kade 2 Industrie Overig	-	11,60 kg/j
28	 stationair draaien vrw motor kade 1 Industrie Overig	-	12,60 kg/j
29	 schip (verhalen) kade 1 Industrie Overig	-	4,40 kg/j
30	 hydr.kraan Industrie Overig	-	118,80 kg/j
31	 stationair draaien vrw motor kade 3 Industrie Overig	-	65,70 kg/j
32	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
33	 902 - vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	4,02 kg/j	481,61 kg/j
34	 901 - lichte vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,94 kg/j	232,90 kg/j
35	 903 - vw combi's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	94,14 kg/j
36	 904 - vw LZV's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	22,76 kg/j
37	 912 - vw hout kade>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	60,37 kg/j
38	 907 - vw hout Sortiva>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	79,29 kg/j
39	 911 - vw hout Sortiva>kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,73 kg/j	207,69 kg/j
40	 905 - vw aanvoer hout BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	60,87 kg/j
41	 906 - vw hout wisselplaats>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	3,47 kg/j
42	 908 - vw rest/hulpstoffen Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	25,49 kg/j
43	 910 - vw afvoer slakken >kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	3,80 kg/j	455,57 kg/j
44	 914 - parkeerplaats Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	6,58 kg/j
45	 916 - parkeerplaats lijnstop Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	2,22 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
46	 915 - parkeerplaats west Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	2,78 kg/j
47	 703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	14,63 kg/j	1.223,85 kg/j
48	 704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	9,87 kg/j	825,67 kg/j
49	 702 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	4,87 kg/j	73,96 kg/j
50	 701 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	4,56 kg/j
51	 51 - 1 schip Scheepvaart Binnenvaart: Vaarroute	-	580,17 kg/j
52	 Absorber gevoed BEC Industrie Afvalverwerking	1.585,80 kg/j	35,23 ton/j
53	 vrachtverkeer afvoer CO ₂ Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,20 kg/j	78,79 kg/j
54	 liquifier Industrie Afvalverwerking	-	19,40 kg/j
55	 absorber gevoed AEC 4 Industrie Afvalverwerking	12,70 kg/j	760,80 kg/j
56	 BEC 30% Industrie Afvalverwerking	777,90 kg/j	17.472,80 kg/j
57	 AEC 4 50% Industrie Afvalverwerking	12,60 kg/j	763,60 kg/j

Resultaten
stikstof
gevoelige
Natura 2000
gebieden
(mol/ha/j)

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Maas bij Eijsden	0,05	0,04	- 0,01	-
Westerschelde & Saeftinghe	0,05	0,04	- 0,01	
Savelsbos	0,05	0,04	- 0,01	
Geuldal	0,05	0,04	- 0,01	
Sint Pietersberg & Jekerdal	0,05	0,04	- 0,01	
Canisvliet	0,05	0,04	- 0,01	
Zwin & Kievittepolder	0,05	0,04	- 0,01	
Noorbeemden & Hoogbos	0,06	0,05	- 0,01	
Kunderberg	0,06	0,05	- 0,01	
Oosterschelde	0,06	0,05	- 0,01	
Bemelerberg & Schiepersberg	0,06	0,05	- 0,01	
Groote Gat	0,06	0,04	- 0,01	
Geleenbeekdal	0,06	0,05	- 0,01	
Brunsummerheide	0,06	0,05	- 0,01	
Manteling van Walcheren	0,06	0,05	- 0,01	
Grevelingen	0,07	0,06	- 0,01	-0,02
Vogelkreek	0,06	0,05	- 0,01	-
Voordelta	0,06	0,05	- 0,01	-0,02
Yerseke en Kapelse Moer	0,07	0,05	- 0,01	-0,02
Bunder- en Elslooërbos	0,06	0,05	- 0,01	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Kop van Schouwen	0,07	0,05	- 0,01	
Roerdal	0,07	0,05	- 0,01	
Krammer-Volkerak	0,07	0,06	- 0,01	-0,02
Meinweg	0,07	0,06	- 0,01	
Brabantse Wal	0,09	0,07	- 0,02	
Sarsven en De Banen	0,07	0,06	- 0,02	
Weerter- en Budelerbergen & Ringselven	0,07	0,06	- 0,02	
Duinen Goeree & Kwade Hoek	0,08	0,07	- 0,02	
Swalmdal	0,08	0,06	- 0,02	
Groote Peel	0,08	0,06	- 0,02	
Leudal	0,08	0,07	- 0,02	
Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux	0,08	0,06	- 0,02	
Strabrechtse Heide & Beuven	0,08	0,07	- 0,02	
Voornes Duin	0,11	0,09	- 0,02	
Deurnsche Peel & Mariapeel	0,09	0,07	- 0,02	
Maasduinen	0,09	0,07	- 0,02	
Kempenland-West	0,09	0,07	- 0,02	
Biesbosch	0,12	0,10	- 0,02	-0,03
Regte Heide & Riels Laag	0,11	0,09	- 0,02	
Boschhuizerbergen	0,11	0,09	- 0,02	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
Kampina & Oisterwijkse Vennen	0,11	0,09	- 0,02	
Wooldse Veen	0,12	0,09	- 0,02	
Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen	0,12	0,10	- 0,02	
Willinks Weust	0,12	0,10	- 0,02	
Korenburgerveen	0,12	0,10	- 0,03	
Solleveld & Kapittelduinen	0,12	0,10	- 0,03	
Aamsveen	0,13	0,10	- 0,03	
Zeldersche Driessen	0,12	0,10	- 0,03	
Dinkelland	0,12	0,10	- 0,03	
Witte Veen	0,13	0,10	- 0,03	
Bekendelle	0,13	0,10	- 0,03	
Oeffelter Meent	0,12	0,10	- 0,03	
Buurserzand & Haaksbergerveen	0,13	0,11	- 0,03	
Rijntakken	0,12	0,10	- 0,03	
Landgoederen Oldenzaal	0,14	0,11	- 0,03	
Langstraat	0,15	0,12	- 0,03	
Bergvennen & Brecklenkampse Veld	0,14	0,11	- 0,03	
Ulvenhoutse Bos	0,15	0,12	- 0,03	
Waddenzee	0,14	0,11	- 0,03	-0,05
De Bruuk	0,14	0,11	- 0,03	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Vlijmens Ven, Moerputten & Bossche Broek	0,14	0,11	- 0,03	
Lonnekermeer	0,14	0,11	- 0,03	
Sint Jansberg	0,15	0,12	- 0,03	
Bargerveen	0,14	0,11	- 0,03	
Lemselermaten	0,15	0,12	- 0,03	
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem	0,15	0,12	- 0,03	-0,04
Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek	0,16	0,12	- 0,03	
Springendal & Dal van de Mosbeek	0,16	0,12	- 0,03	
Noordzeekustzone	0,17	0,13	- 0,03	-0,05
Lingegebied & Diefdijk-Zuid	0,17	0,13	- 0,04	
Stelkampsveld	0,16	0,12	- 0,04	
Westduinpark & Wapendal	0,16	0,13	- 0,04	
Veluwe	0,16	0,13	- 0,04	
Borkeld	0,18	0,14	- 0,04	
Engbertsdijksvenen	0,17	0,13	- 0,04	
Lieftingsbroek	0,18	0,14	- 0,04	
Wierdense Veld	0,18	0,14	- 0,04	
Zouweboezem	0,18	0,14	- 0,04	
Sallandse Heuvelrug	0,19	0,15	- 0,04	
Uiterwaarden Lek	0,19	0,15	- 0,04	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Landgoederen Brummen	0,19	0,15	- 0,04	
Duinen Schiermonnikoog	0,20	0,15	- 0,04	-0,05
Meijndel & Berkheide	0,19	0,14	- 0,04	-0,05
Drouwenezand	0,20	0,16	- 0,04	
Vecht- en Beneden-Reggegebied	0,20	0,16	- 0,04	
Boetelveld	0,21	0,17	- 0,05	
Duinen Terschelling	0,22	0,17	- 0,05	-0,07
Elperstroomgebied	0,22	0,18	- 0,05	
Duinen en Lage Land Texel	0,23	0,18	- 0,05	-0,08
Drentsche Aa-gebied	0,22	0,17	- 0,05	
Duinen Vlieland	0,23	0,19	- 0,05	-0,08
Mantingerzand	0,22	0,18	- 0,05	
Duinen Ameland	0,23	0,18	- 0,05	
Mantingerbos	0,24	0,19	- 0,05	-0,06
Binnenveld	0,21	0,16	- 0,05	
Fochteloërveen	0,23	0,18	- 0,05	
Nieuwkoopse Plassen & De Haeck	0,23	0,18	- 0,05	
Witterveld	0,24	0,19	- 0,05	
Dwingelderveld	0,24	0,19	- 0,05	
Kolland & Overlangbroek	0,22	0,17	- 0,05	-0,06

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Coepelduynen	0,24	0,18	- 0,06	
Drents-Friese Wold & Leggelderveld	0,28	0,22	- 0,06	
Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht	0,28	0,22	- 0,06	-0,07
Bakkeveense Duinen	0,30	0,23	- 0,07	
Norgerholt	0,30	0,23	- 0,07	
Oostelijke Vechtplassen	0,28	0,21	- 0,07	
Holtingerveld	0,31	0,24	- 0,07	
De Wieden	0,29	0,22	- 0,07	
Kennemerland-Zuid	0,28	0,21	- 0,07	-0,08
Olde Maten & Veerslootslanden	0,31	0,24	- 0,07	
Wijnjeterper Schar	0,34	0,26	- 0,08	
Groote Wielen	0,32	0,25	- 0,08	-
Zwarte Meer	0,33	0,26	- 0,08	-
Alde Feanen	0,34	0,26	- 0,08	
Van Oordt's Mersken	0,37	0,29	- 0,08	
Weerribben	0,37	0,28	- 0,08	-0,09
Rottige Meenthe & Brandemeer	0,37	0,28	- 0,09	
Botshol	0,36	0,27	- 0,10	
Naardermeer	0,40	0,30	- 0,11	
Duinen Den Helder-Callantsoog	0,52	0,39	- 0,13	-0,15

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
Oudegaasterbrekken, Fluessen en omgeving	0,50	0,37	- 0,13	-
IJsselmeer	0,55	0,41	- 0,14	-
Zwanenwater & Pettemerduinen	0,76	0,57	- 0,20	-0,24
Noordhollands Duinreservaat	0,84	0,64	- 0,20	-0,21
Polder Westzaan	0,95	0,70	- 0,24	
Schoolse Duinen	1,10	0,86	- 0,25	-0,32
Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske	0,94	0,68	- 0,26	
Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder	1,32	0,98	- 0,34	
Eilandspolder	3,42	2,52	- 0,90	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Resultaten
per
habitatype
(mol/ha/j)

voor de 10
stikstofgevoelige
Natura 2000-
gebieden met het
hoogste resultaat

Maas bij Eijsden

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,05	0,04	- 0,01	-

Westerschelde & Saeftinghe

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H1320 Slijkgrasvelden	0,05	0,04	- 0,01	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,05	0,04	- 0,01	-0,02
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,05	0,04	- 0,01	
H2110 Embryonale duinen	0,05	0,04	- 0,01	-0,02
H2120 Witte duinen	0,05	0,04	- 0,01	-0,02
H2160 Duindoornstruwelen	0,05	0,04	- 0,01	-0,02
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	0,05	0,04	- 0,01	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,06	0,05	- 0,01	-
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,06	0,05	- 0,01	

Savelsbos

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
Hg160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,05	0,04	- 0,01	
Hg120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,06	0,05	- 0,01	
ZGH6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,06	0,05	- 0,01	

Geuldal

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
H91EoC Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,05	0,04	- 0,01	
H6130 Zinkweiden	0,05	0,04	- 0,01	
H6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,05	0,04	- 0,01	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,05	0,04	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,05	0,04	- 0,01	
H6230dkr Heischrale graslanden, droog kalkrijk	0,05	0,04	- 0,01	
H6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,05	0,04	- 0,01	
H9120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,06	0,04	- 0,01	
H9110 Veldbies-beukenbossen	0,06	0,05	- 0,01	
H7220 Kalktufbronnen	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	
H7230 Kalkmoerassen	0,08	0,06	- 0,02	

Sint Pietersberg & Jekerdal

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
ZGH6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,05	0,04	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,06	0,05	- 0,01	
H6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	
H6230dkr Heischrale graslanden, droog kalkrijk	0,06	0,05	- 0,01	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	
ZGH9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	

Canisvliet

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
Lgo8 Nat, matig voedselrijk grasland	0,05	0,04	- 0,01	

Zwin & Kievittepolder

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,05	0,04	- 0,01	-0,02
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,05	0,04	- 0,01	-0,02
H2120 Witte duinen	0,05	0,04	- 0,01	
H1320 Slijkgrasvelden	0,06	0,04	- 0,01	-
H2160 Duindoornstruwelen	0,06	0,04	- 0,01	
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	0,06	0,05	- 0,01	-0,02
H2130A Grijs duinen (kalkrijk)	0,06	0,05	- 0,01	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,06	0,05	- 0,01	-0,02
H2180B Duinbossen (vochtig)	0,07	0,05	- 0,02	

Noorbeemden & Hoogbos

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	
H91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,06	0,05	- 0,01	
H7220 Kalktufbronnen	0,06	0,05	- 0,01	

Kunderberg

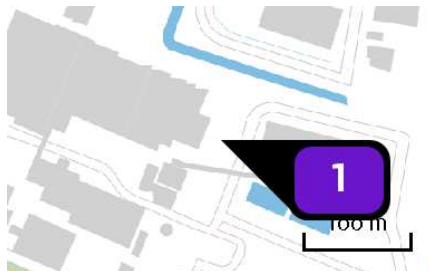
Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2			
H6210 Kalkgraslanden	0,06	0,05	- 0,01		
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01		

Oosterschelde

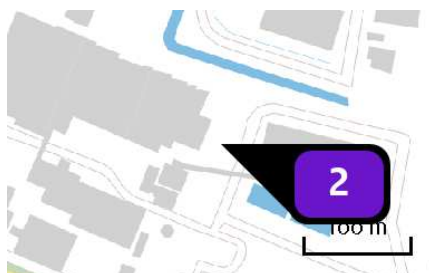
Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2			
H1320 Slijkgrasvelden	0,06	0,05	- 0,01		
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,06	0,05	- 0,01		
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,06	0,05	- 0,01		
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	0,07	0,05	- 0,01		-0,02
H7140B Overgangs- en trilvenen (veenmosrietlanden)	0,08	0,06	- 0,02		

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

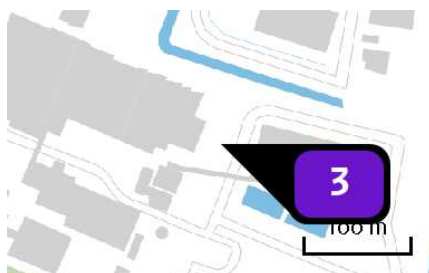
Emissie
(per bron)
Nb



Naam AVI verbrandingslijn 1
 Locatie (X,Y) 112697, 513762
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,390 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 50,40 ton/j
 NH3 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 2
 Locatie (X,Y) 112696, 513759
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,390 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 50,40 ton/j
 NH3 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 3
 Locatie (X,Y) 112701, 513761
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,390 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 50,40 ton/j
 NH3 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 4
 Locatie (X,Y) 112700, 513757
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,780 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 77,00 ton/j
 NH3 8.760,00 kg/j



Naam HSA 1
 Locatie (X,Y) 112518, 513727
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,150 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 34,78 ton/j



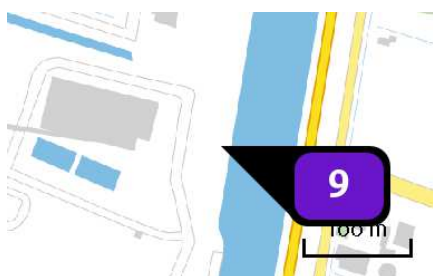
Naam HSA 2
 Locatie (X,Y) 112520, 513732
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,130 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 19.754,20 kg/j



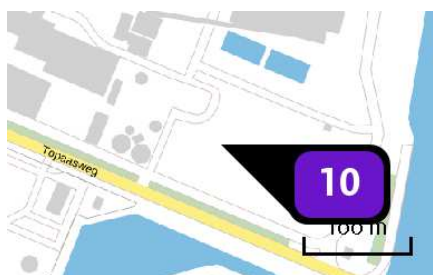
Naam HSA 3
 Locatie (X,Y) 112522, 513737
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,110 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 29,96 ton/j



Naam BEC
 Locatie (X,Y) 112696, 513723
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,600 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 98,10 ton/j
 NH3 7.008,00 kg/j



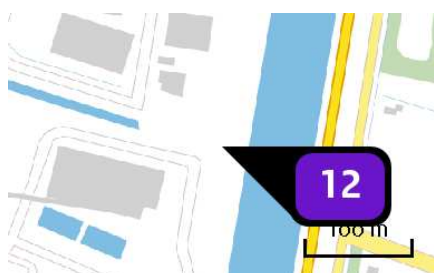
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112898, 513715
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 144,50 kg/j



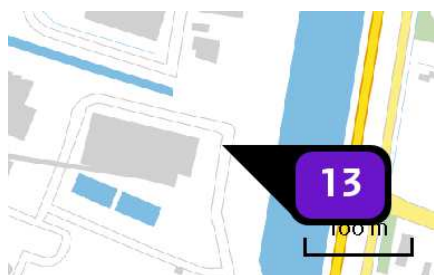
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112721, 513617
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.590,00 kg/j



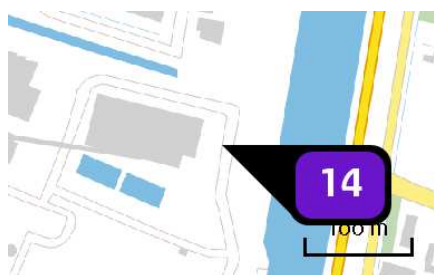
Naam **Bobcat**
 Locatie (X,Y) **112908, 513858**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **407,80 kg/j**



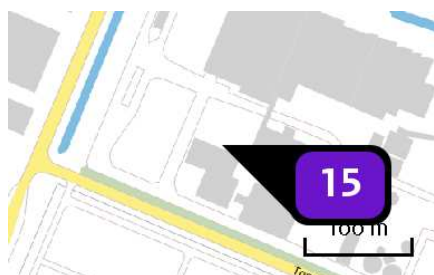
Naam **mobile kraan**
 Locatie (X,Y) **112893, 513779**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **451,70 kg/j**



Naam **dieselheftruck**
 Locatie (X,Y) **112861, 513749**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **41,60 kg/j**



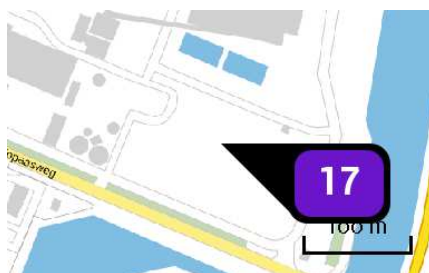
Naam **Terberg**
 Locatie (X,Y) **112857, 513732**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **108,40 kg/j**



Naam **shovel**
 Locatie (X,Y) **112487, 513728**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **1.300,90 kg/j**



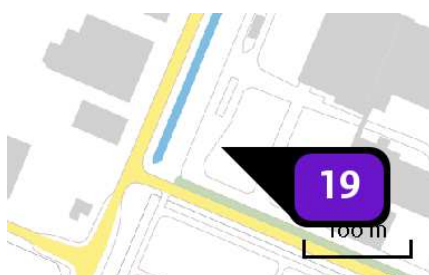
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112757, 513611
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.300,90 kg/j



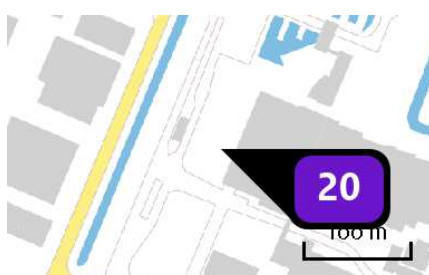
Naam dumper
 Locatie (X,Y) 112760, 513619
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.951,30 kg/j



Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112752, 513607
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 138,60 kg/j



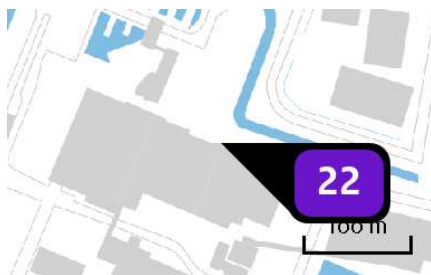
Naam cont.wissel LZV
 Locatie (X,Y) 112398, 513736
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 184,00 kg/j



Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112469, 513829
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



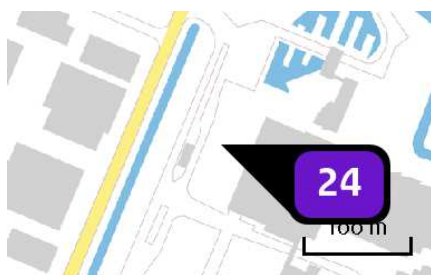
Naam weegbrug vrw motor stationair
 Locatie (X,Y) 112435, 513858
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 626,00 kg/j



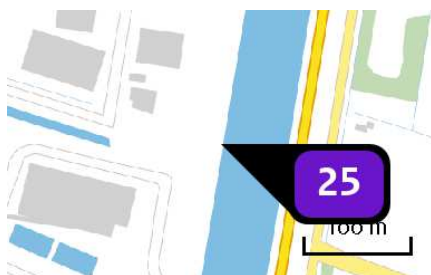
Naam vacuümwagen
 Locatie (X,Y) 112631, 513832
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 76,70 kg/j



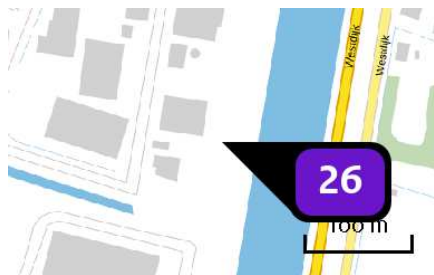
Naam bulkwagen lossen hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112675, 513742
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 919,80 kg/j



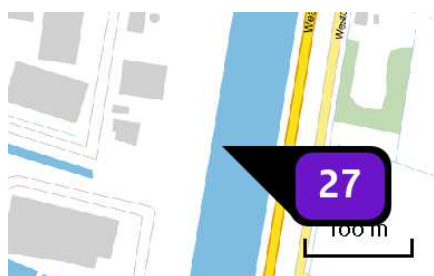
Naam veegwagen
 Locatie (X,Y) 112464, 513858
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 58,30 kg/j



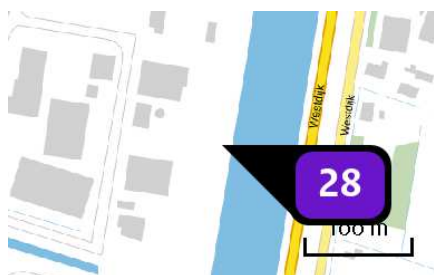
Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112919, 513797
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 361,30 kg/j



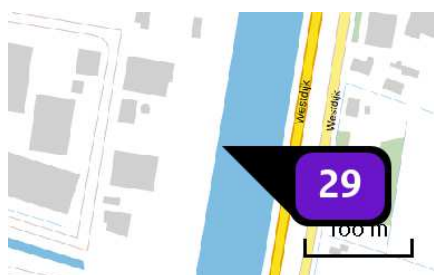
Naam stationair draaien vrw motor kade 2
 Locatie (X,Y) 112898, 513862
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 32,90 kg/j



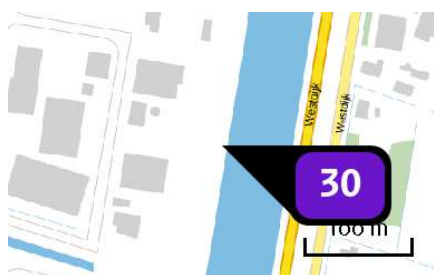
Naam schip (verhalen) kade 2
 Locatie (X,Y) 112936, 513825
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 11,60 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 1
 Locatie (X,Y) 112931, 513915
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 12,60 kg/j



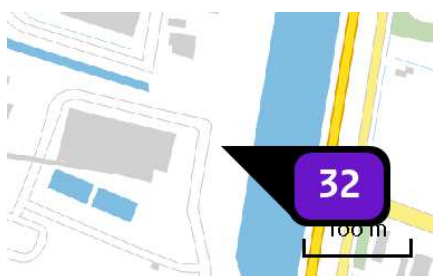
Naam schip (verhalen) kade 1
 Locatie (X,Y) 112944, 513910
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 4,40 kg/j



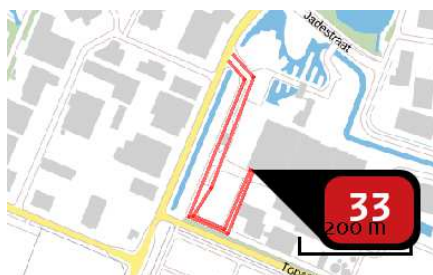
Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112935, 513912
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 118,80 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 3
 Locatie (X,Y) 112879, 513718
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 65,70 kg/j

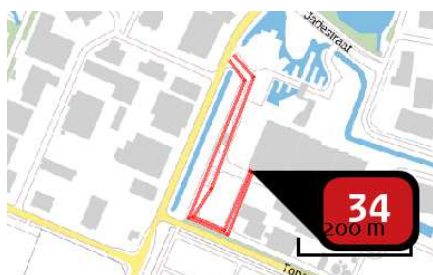


Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112882, 513744
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



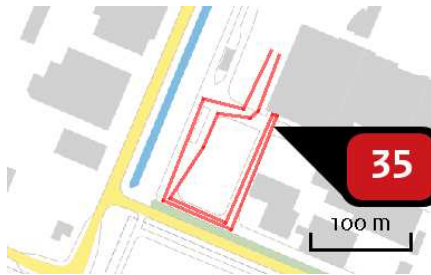
Naam 902 - vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112478, 513793
 NOx 481,61 kg/j
 NH3 4,02 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	165,0 / etmaal	NOx NH3	481,61 kg/j 4,02 kg/j



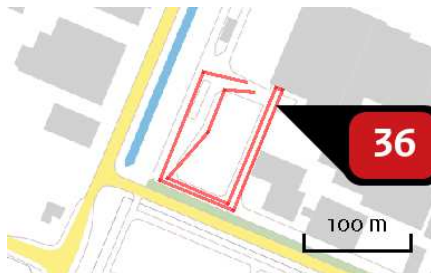
Naam 901 - lichte vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112476, 513793
 NOx 232,90 kg/j
 NH3 1,94 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	232,90 kg/j 1,94 kg/j



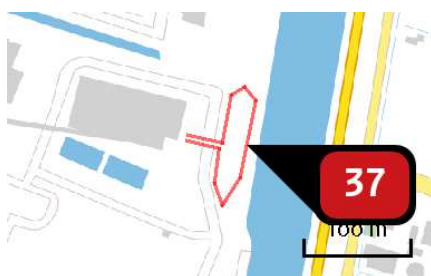
Naam **903 - vw combi's (wissel)**
 Locatie (X,Y) **112477, 513782**
 NOx **94,14 kg/j**
 NH₃ **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	41,0 / etmaal	NOx NH ₃	94,14 kg/j < 1 kg/j



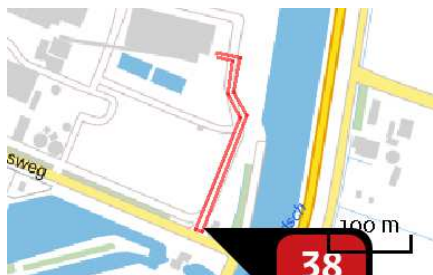
Naam **904 - vw LZV's (wissel)**
 Locatie (X,Y) **112475, 513777**
 NOx **22,76 kg/j**
 NH₃ **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	12,0 / etmaal	NOx NH ₃	22,76 kg/j < 1 kg/j



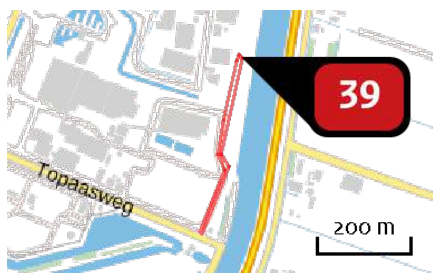
Naam **912 - vw hout kade>BEC**
 Locatie (X,Y) **112896, 513715**
 NOx **60,37 kg/j**
 NH₃ **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	70,0 / etmaal	NOx NH ₃	60,37 kg/j < 1 kg/j



Naam 907 - vw hout Sortiva>BEC
 Locatie (X,Y) 112825, 513513
 NOx 79,29 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	79,29 kg/j < 1 kg/j



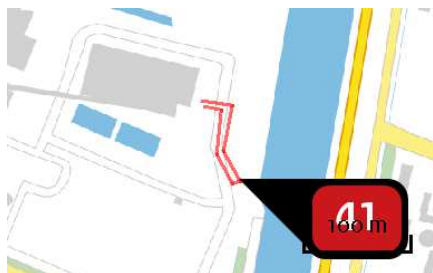
Naam 911 - vw hout Sortiva>kade
 Locatie (X,Y) 112908, 513886
 NOx 207,69 kg/j
 NH3 1,73 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	90,0 / etmaal	NOx NH3	207,69 kg/j 1,73 kg/j



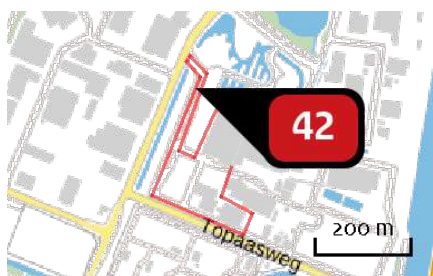
Naam 905 - vw aanvoer hout BEC
 Locatie (X,Y) 112445, 513981
 NOx 60,87 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	10,0 / etmaal	NOx NH3	60,87 kg/j < 1 kg/j



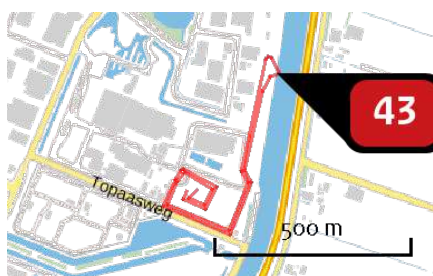
Naam 906 - vw hout wisselplaats>BEC
 Locatie (X,Y) 112877, 513653
 NOx 3,47 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	6,0 / etmaal	NOx NH3	3,47 kg/j < 1 kg/j



Naam 908 - vw rest/hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112456, 513932
 NOx 25,49 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	7,0 / etmaal	NOx NH3	25,49 kg/j < 1 kg/j



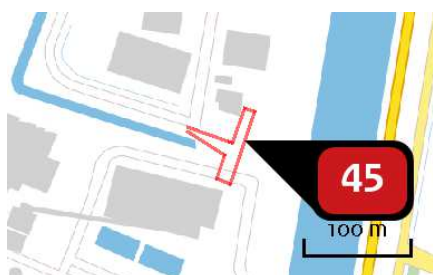
Naam 910 - vw afvoer slakken >kade
 Locatie (X,Y) 112944, 513924
 NOx 455,57 kg/j
 NH3 3,80 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	455,57 kg/j 3,80 kg/j



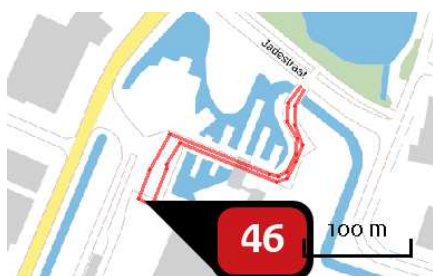
Naam 914 - parkeerplaats
 Locatie (X,Y) 112621, 513884
 NOx 6,58 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	120,0 / etmaal	NOx NH3	6,58 kg/j < 1 kg/j



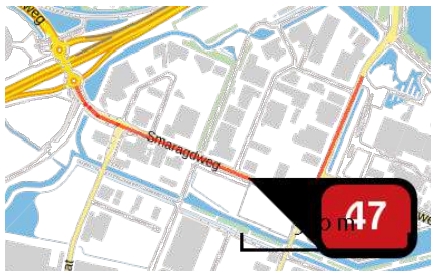
Naam 916 - parkeerplaats lijnstop
 Locatie (X,Y) 112861, 513803
 NOx 2,22 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	2,22 kg/j < 1 kg/j



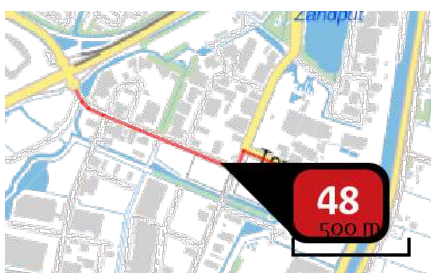
Naam 915 - parkeerplaats west
 Locatie (X,Y) 112478, 513907
 NOx 2,78 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	30,0 / etmaal	NOx NH3	2,78 kg/j < 1 kg/j



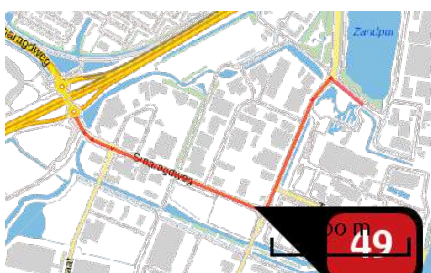
Naam 703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112102, 513702
 NOx 1.223,85 kg/j
 NH3 14,63 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	510,0 / etmaal	NOx NH3	1.223,85 kg/j 14,63 kg/j



Naam 704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112211, 513658
 NOx 825,67 kg/j
 NH3 9,87 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	290,0 / etmaal	NOx NH3	825,67 kg/j 9,87 kg/j



Naam 702 - personenwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112234, 513647
 NOx 73,96 kg/j
 NH3 4,87 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	410,0 / etmaal	NOx NH3	73,96 kg/j 4,87 kg/j



Naam 701 - personenwagen rijden,
30 km/h
Locatie (X,Y) 112682, 513900
NOx 4,56 kg/j
NH3 < 1 kg/j

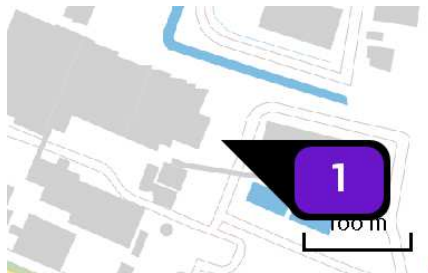
Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	110,0 / etmaal	NOx NH3	4,56 kg/j < 1 kg/j



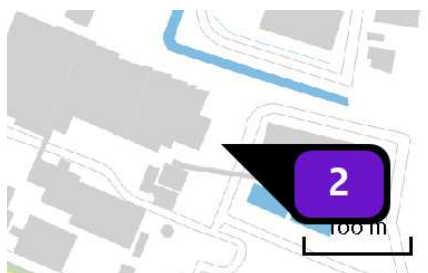
Naam S1 - 1 schip
Locatie (X,Y) 112647, 512885
Type vaarweg CEMT_IV
NOx 580,17 kg/j

Scheepstype	Omschrijving	Vaarbeweging (A -> B)	Percentage geladen	Vaarbeweging (B -> A)	Percentage geladen	Stof	Emissie
M3	CEMT-IV	1 / etmaal	100%	0 / etmaal	0%	NOx	580,17 kg/j

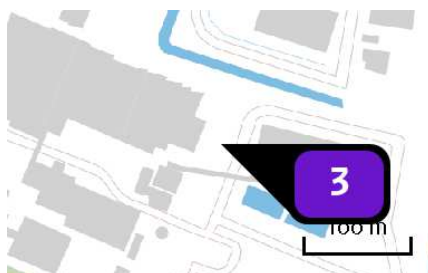
Emissie
(per bron)
CO₂-afvang



Naam AVI verbrandingslijn 1
 Locatie (X,Y) 112697, 513762
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,280 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NO_x 50,40 ton/j
 NH₃ 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 2
 Locatie (X,Y) 112696, 513759
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,210 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NO_x 50,40 ton/j
 NH₃ 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 3
 Locatie (X,Y) 112701, 513761
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 4,660 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NO_x 50,40 ton/j
 NH₃ 4.380,00 kg/j



Naam AVI 4 8552 uur
 Locatie (X,Y) 112700, 513757
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,060 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NO_x 62,79 ton/j
 NH₃ 1.038,20 kg/j



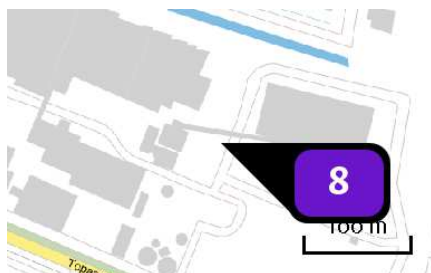
Naam HSA 1
 Locatie (X,Y) 112518, 513727
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,150 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NO_x 34,78 ton/j



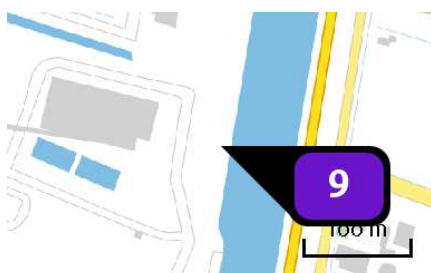
Naam HSA 2
 Locatie (X,Y) 112520, 513732
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,130 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 19.754,00 kg/j



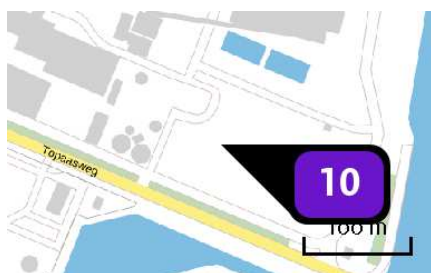
Naam HSA 3
 Locatie (X,Y) 112522, 513737
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,110 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 29,96 ton/j



Naam BEC 208 uur
 Locatie (X,Y) 112696, 513723
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,230 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.287,80 kg/j
 NH3 57,30 kg/j



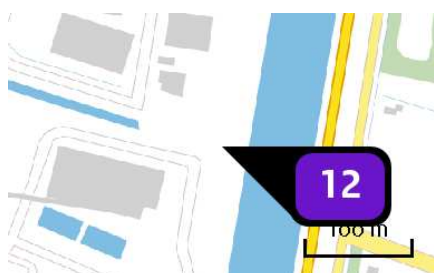
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112898, 513715
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 144,50 kg/j



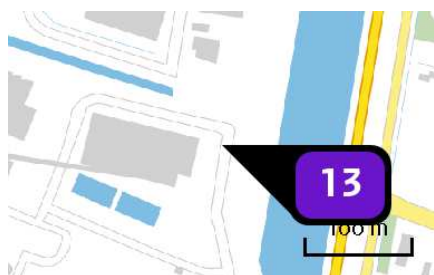
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112721, 513617
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.300,90 kg/j



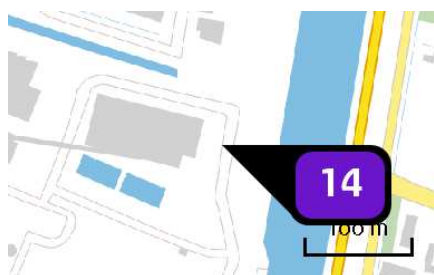
Naam **Bobcat**
 Locatie (X,Y) **112908, 513858**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **407,80 kg/j**



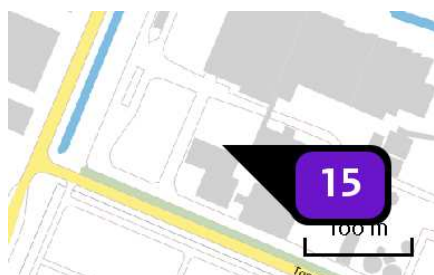
Naam **mobile kraan**
 Locatie (X,Y) **112893, 513779**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **451,70 kg/j**



Naam **dieselheftruck**
 Locatie (X,Y) **112861, 513749**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **41,60 kg/j**



Naam **Terberg**
 Locatie (X,Y) **112857, 513732**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **108,40 kg/j**



Naam **shovel**
 Locatie (X,Y) **112487, 513728**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **1.300,90 kg/j**



Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112757, 513611
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.144,80 kg/j



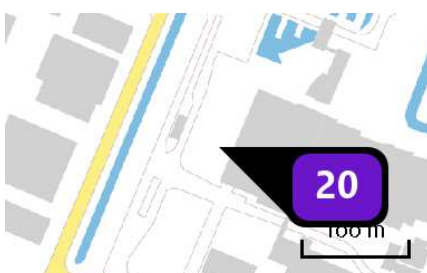
Naam dumper
 Locatie (X,Y) 112760, 513619
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.951,30 kg/j



Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112752, 513607
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 138,60 kg/j



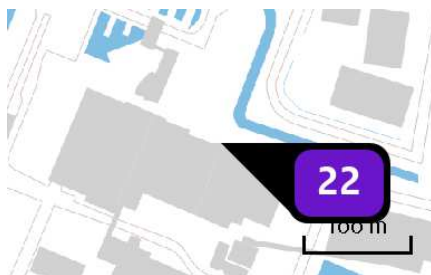
Naam cont.wissel LZV
 Locatie (X,Y) 112398, 513736
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 184,00 kg/j



Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112469, 513829
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



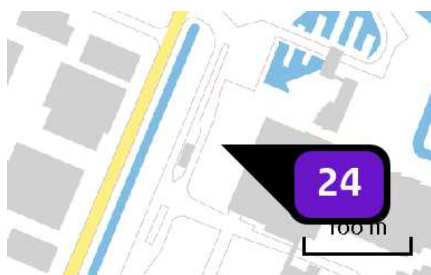
Naam weegbrug vrw motor stationair
 Locatie (X,Y) 112435, 513858
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 626,00 kg/j



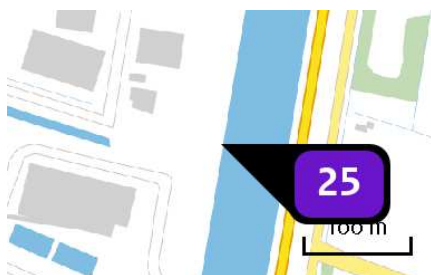
Naam vacuümwagen
 Locatie (X,Y) 112631, 513832
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 76,70 kg/j



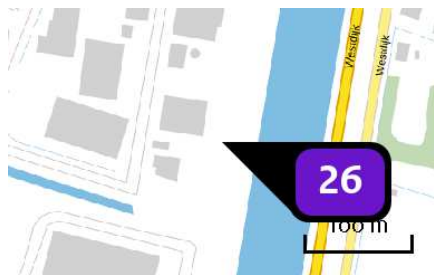
Naam bulkwagen lossen hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112675, 513742
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 919,80 kg/j



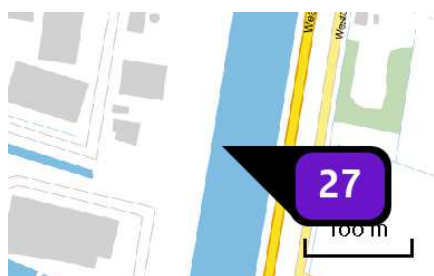
Naam veegwagen
 Locatie (X,Y) 112464, 513858
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 58,30 kg/j



Naam hydr. kraan
 Locatie (X,Y) 112919, 513797
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 361,30 kg/j



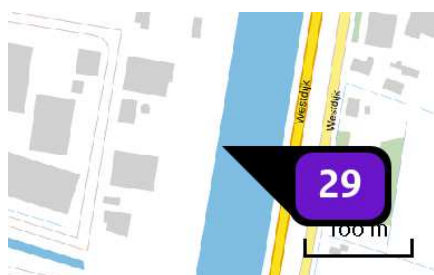
Naam stationair draaien vrw motor kade 2
 Locatie (X,Y) 112898, 513862
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 32,90 kg/j



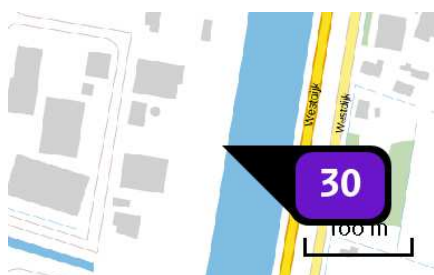
Naam schip (verhalen) kade 2
 Locatie (X,Y) 112936, 513825
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 11,60 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 1
 Locatie (X,Y) 112931, 513915
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 12,60 kg/j



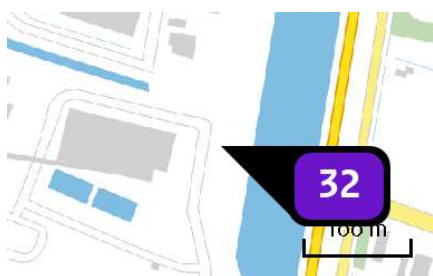
Naam schip (verhalen) kade 1
 Locatie (X,Y) 112944, 513910
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 4,40 kg/j



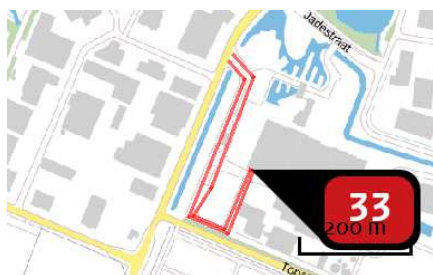
Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112935, 513912
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 118,80 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 3
 Locatie (X,Y) 112879, 513718
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 65,70 kg/j

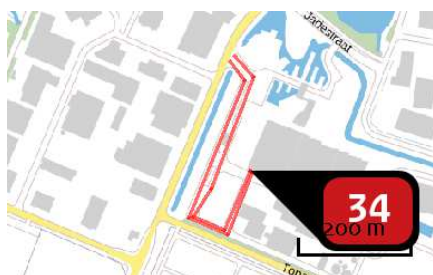


Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112882, 513744
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



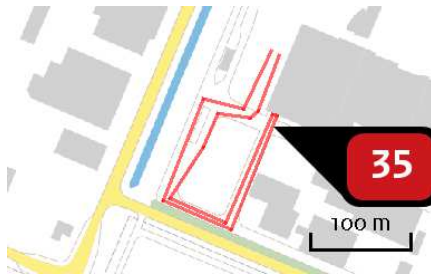
Naam 902 - vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112478, 513793
 NOx 481,61 kg/j
 NH3 4,02 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	165,0 / etmaal	NOx NH3	481,61 kg/j 4,02 kg/j



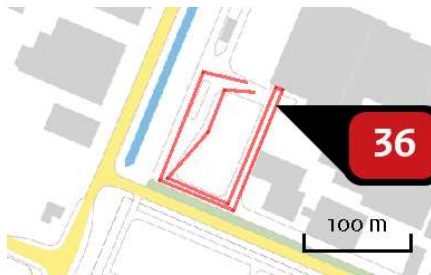
Naam 901 - lichte vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112476, 513793
 NOx 232,90 kg/j
 NH3 1,94 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	232,90 kg/j 1,94 kg/j



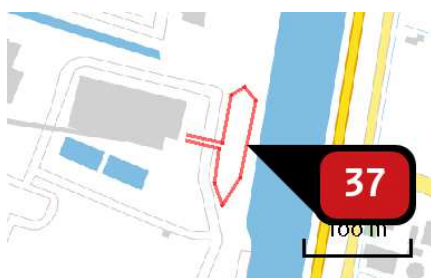
Naam 903 - vw combi's (wissel)
 Locatie (X,Y) 112477, 513782
 NOx 94,14 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	41,0 / etmaal	NOx NH3	94,14 kg/j < 1 kg/j



Naam 904 - vw LZV's (wissel)
 Locatie (X,Y) 112475, 513777
 NOx 22,76 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	12,0 / etmaal	NOx NH3	22,76 kg/j < 1 kg/j



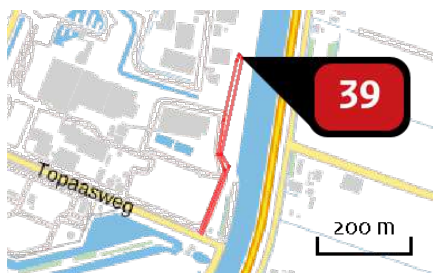
Naam 912 - vw hout kade>BEC
 Locatie (X,Y) 112896, 513715
 NOx 60,37 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	70,0 / etmaal	NOx NH3	60,37 kg/j < 1 kg/j



Naam 907 - vw hout Sortiva>BEC
 Locatie (X,Y) 112825, 513513
 NOx 79,29 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	79,29 kg/j < 1 kg/j



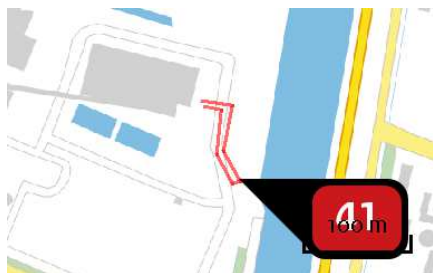
Naam 911 - vw hout Sortiva>kade
 Locatie (X,Y) 112908, 513886
 NOx 207,69 kg/j
 NH3 1,73 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	90,0 / etmaal	NOx NH3	207,69 kg/j 1,73 kg/j



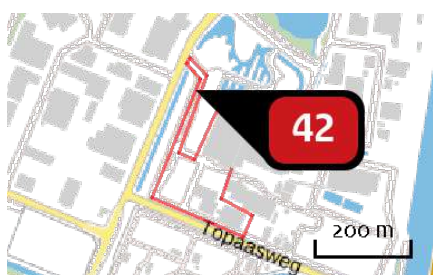
Naam 905 - vw aanvoer hout BEC
 Locatie (X,Y) 112445, 513981
 NOx 60,87 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	10,0 / etmaal	NOx NH3	60,87 kg/j < 1 kg/j



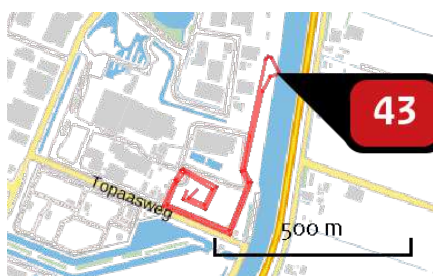
Naam 906 - vw hout wisselplaats>BEC
 Locatie (X,Y) 112877, 513653
 NOx 3,47 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	6,0 / etmaal	NOx NH3	3,47 kg/j < 1 kg/j



Naam 908 - vw rest/hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112456, 513932
 NOx 25,49 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	7,0 / etmaal	NOx NH3	25,49 kg/j < 1 kg/j



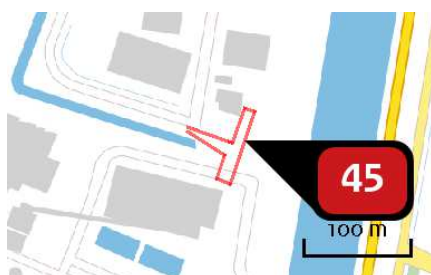
Naam 910 - vw afvoer slakken >kade
 Locatie (X,Y) 112944, 513924
 NOx 455,57 kg/j
 NH3 3,80 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	455,57 kg/j 3,80 kg/j



Naam 914 - parkeerplaats
 Locatie (X,Y) 112621, 513884
 NOx 6,58 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	120,0 / etmaal	NOx NH3	6,58 kg/j < 1 kg/j



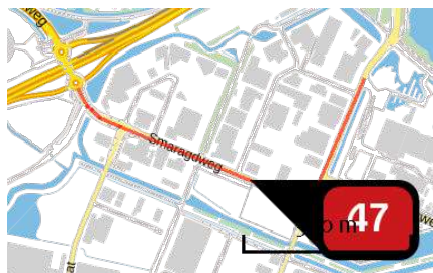
Naam 916 - parkeerplaats lijnstop
 Locatie (X,Y) 112861, 513803
 NOx 2,22 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	2,22 kg/j < 1 kg/j



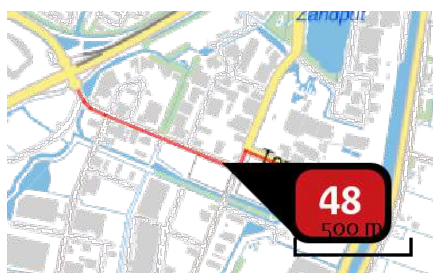
Naam 915 - parkeerplaats west
 Locatie (X,Y) 112478, 513907
 NOx 2,78 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	30,0 / etmaal	NOx NH3	2,78 kg/j < 1 kg/j



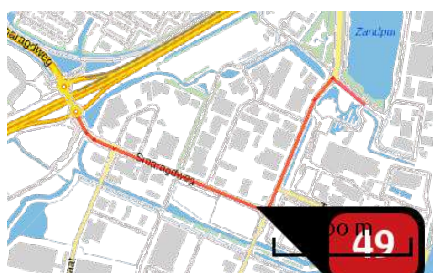
Naam 703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112102, 513702
 NOx 1.223,85 kg/j
 NH3 14,63 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	510,0 / etmaal	NOx NH3	1.223,85 kg/j 14,63 kg/j



Naam 704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112211, 513658
 NOx 825,67 kg/j
 NH3 9,87 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	290,0 / etmaal	NOx NH3	825,67 kg/j 9,87 kg/j



Naam 702 - personenwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112234, 513647
 NOx 73,96 kg/j
 NH3 4,87 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	410,0 / etmaal	NOx NH3	73,96 kg/j 4,87 kg/j



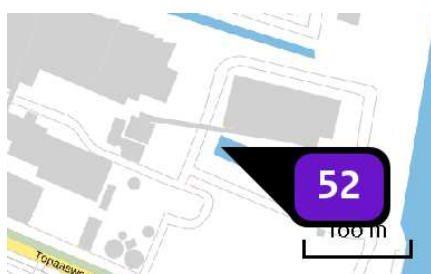
Naam 701 - personenwagen rijden,
30 km/h
Locatie (X,Y) 112682, 513900
NOx 4,56 kg/j
NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	110,0 / etmaal	NOx NH3	4,56 kg/j < 1 kg/j

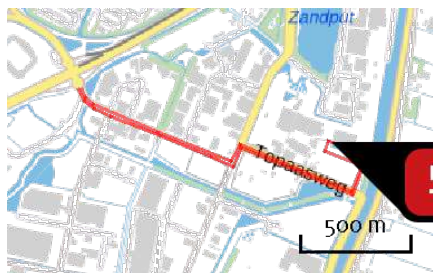


Naam S1 - 1 schip
Locatie (X,Y) 112647, 512885
Type vaarweg CEMT_IV
NOx 580,17 kg/j

Scheepstype	Omschrijving	Vaarbeweging (A -> B)	Percentage geladen	Vaarbeweging (B -> A)	Percentage geladen	Stof	Emissie
M3	CEMT-IV	1 / etmaal	100%	0 / etmaal	0%	NOx	580,17 kg/j



Naam Absorber gevoed BEC
Locatie (X,Y) 112727, 513712
Uitstoothoogte 55,0 m
Warmteinhoud 1,130 MW
Temporele variatie Continue emissie
NOx 35,23 ton/j
NH3 1.585,80 kg/j

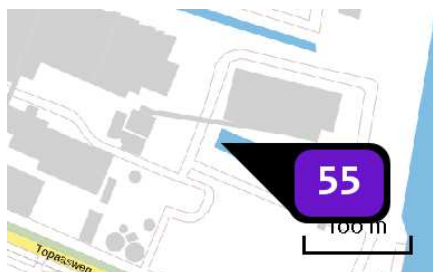


Naam **vrachtverkeer afvoer CO2**
 Locatie (X,Y) **112724, 513729**
 NOx **78,79 kg/j**
 NH3 **1,20 kg/j**

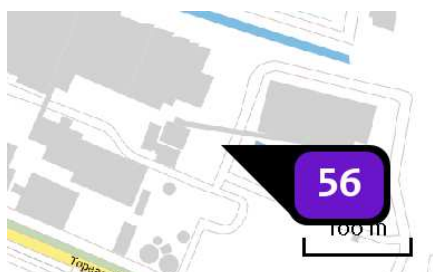
Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	14,0 / etmaal	NOx NH3	78,79 kg/j 1,20 kg/j



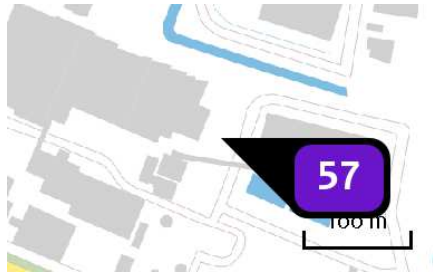
Naam **liquifier**
 Locatie (X,Y) **112783, 513690**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **19,40 kg/j**



Naam **absorber gevoed AEC 4**
 Locatie (X,Y) **112727, 513710**
 Uitstoothoogte **55,0 m**
 Warmteinhoud **1,130 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **760,80 kg/j**
 NH3 **12,70 kg/j**



Naam **BEC 30%**
 Locatie (X,Y) **112695, 513719**
 Uitstoothoogte **80,0 m**
 Warmteinhoud **0,630 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **17.472,80 kg/j**
 NH3 **777,90 kg/j**



Naam	AEC 4 50%
Locatie (X,Y)	112697, 513756
Uitstoothoogte	88,0 m
Warmteinhoud	1,440 MW
Temporele variatie	Continue emissie
NOx	763,60 kg/j
NH ₃	12,60 kg/j

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS versie [2020_20201013_1649cba239](#)

Database versie [2020_20201013_1649cba239](#)

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:

<https://www.aerius.nl/nl/factsheets/release/aerius-calculator-2020>

Dit document bevat rekenresultaten van AERIUS Calculator. Het betreft de hoogst berekende stikstofbijdragen per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied, op basis van rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant.

De berekening op basis van stikstofemissies gaat uit van de componenten ammoniak (NH₃) en/of stikstofoxide (NO_x).

Wilt u verder rekenen of gegevens wijzigen? Importeer de pdf dan in Calculator. Voor meer toelichting verwijzen wij u naar de website www.aerius.nl.

Berekening Nb en CO₂-afvang hoofdaanvoer AEC

- ▶ Kenmerken
- ▶ Samenvatting emissies
- ▶ Depositieresultaten
- ▶ Gedetailleerde emissiegegevens

Verdere toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via:
<https://www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers>.

AERIUS CALCULATOR

Contact

Rechtspersoon	Inrichtingslocatie
Kuiper & Burger	jadestraat 1, 1812 RD Alkmaar

Activiteit

Omschrijving	AERIUS kenmerk	
CO ₂ -afvanginstallatie	RXTd6phudFe3	
Datum berekening	Rekenjaar	Rekenconfiguratie
22 oktober 2020, 14:35	2019	Berekend voor natuurgebieden

Totale emissie

	Situatie 1	Situatie 2	Vershil
NO _x	427,18 ton/j	370,17 ton/j	-57,01 ton/j
NH ₃	28,95 ton/j	16.665,44 kg/j	-12.284,69 kg/j

Resultaten

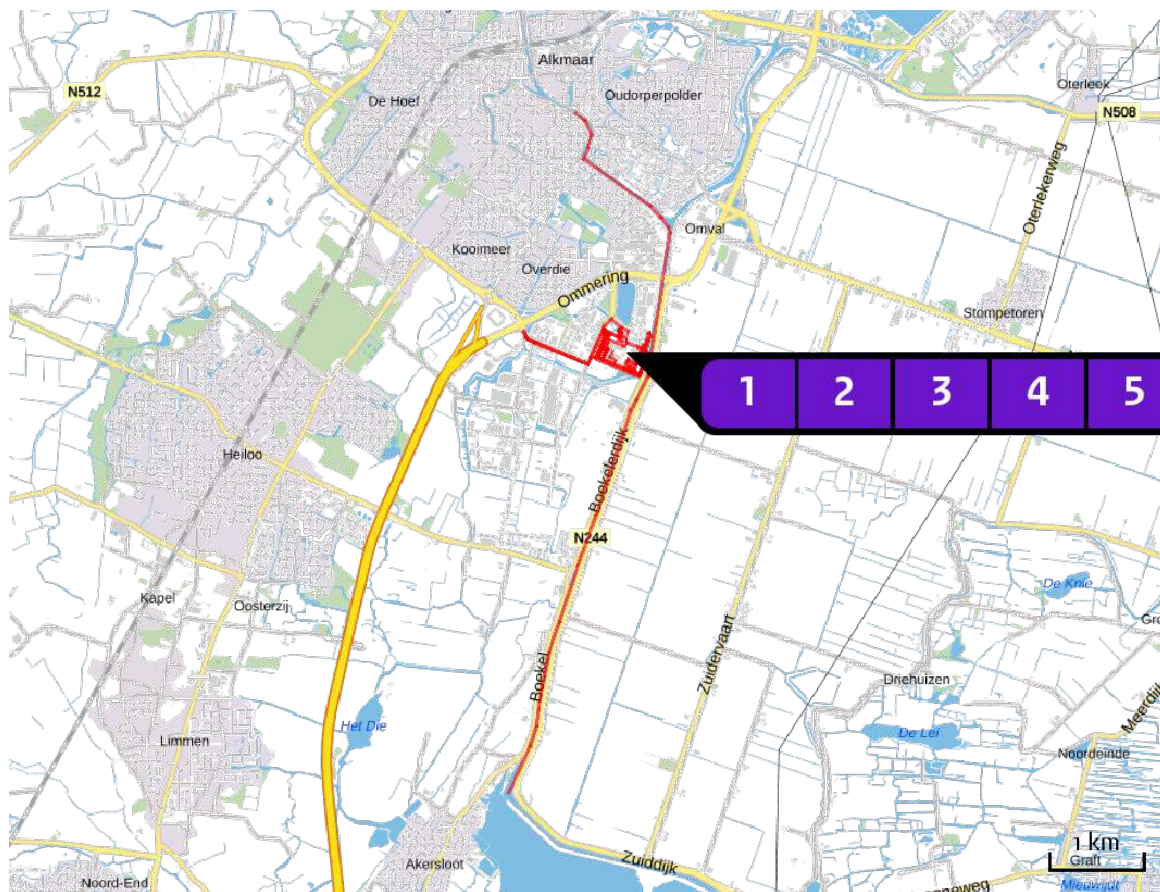
Hectare met
hoogste verschil
(mol/ha/j)

Natuurgebied
Uw berekening heeft geen verschillen opgeleverd boven 0,00 mol/ha/jr.

Toelichting














-














Locatie
Nb



Emissie
Nb

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
1	AVI verbrandingslijn 1 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
2	AVI verbrandingslijn 2 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
3	AVI verbrandingslijn 3 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
4	AVI verbrandingslijn 4 Industrie Overig	8.760,00 kg/j	77,00 ton/j
5	HSA 1 Industrie Overig	-	34,78 ton/j
6	HSA 2 Industrie Overig	-	19.754,20 kg/j

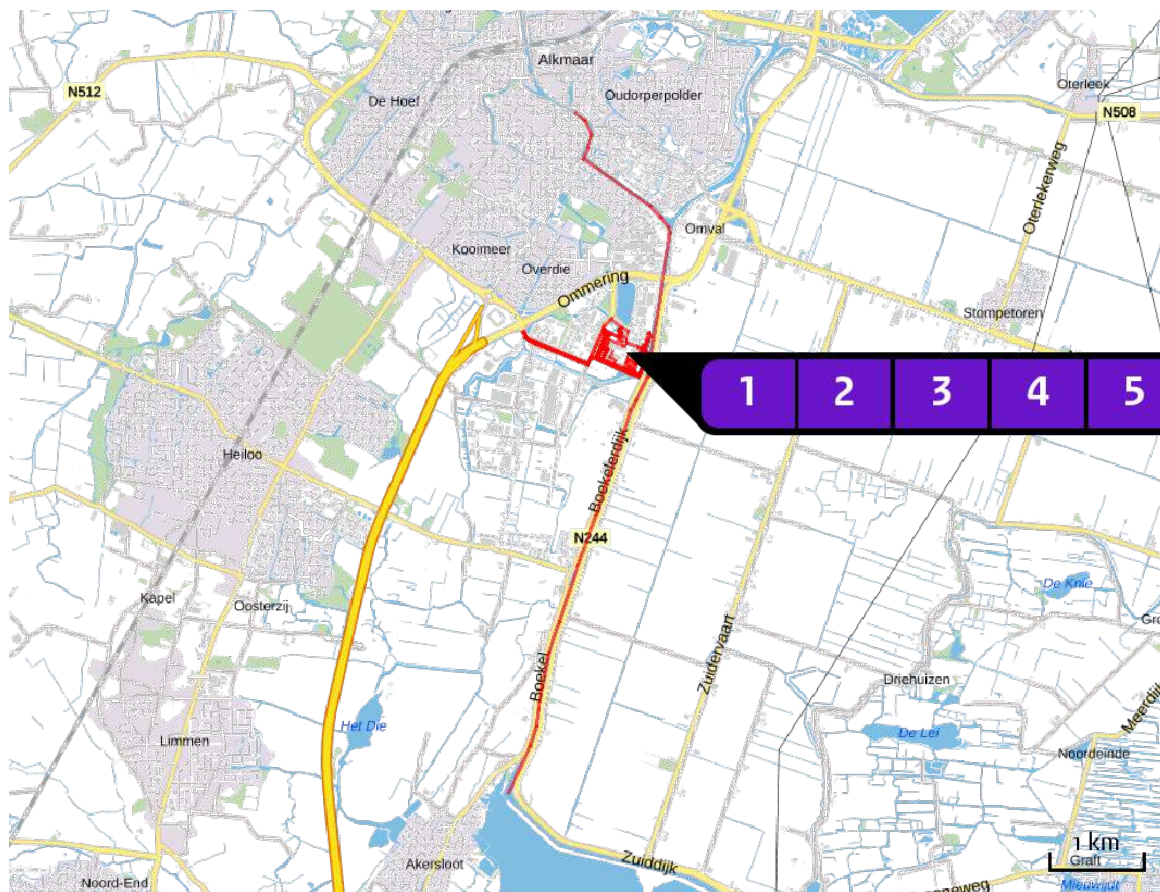
Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
7	 HSA 3 Industrie Overig	-	29,96 ton/j
8	 BEC Industrie Overig	7.008,00 kg/j	98,10 ton/j
9	 shovel Industrie Overig	-	144,50 kg/j
10	 shovel Industrie Overig	-	1.590,00 kg/j
11	 Bobcat Industrie Overig	-	407,80 kg/j
12	 mobiele kraan Industrie Overig	-	451,70 kg/j
13	 dieselheftruck Industrie Overig	-	41,60 kg/j
14	 Terberg Industrie Overig	-	108,40 kg/j
15	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
16	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
17	 dumper Industrie Overig	-	1.951,30 kg/j
18	 hydr.kraan Industrie Overig	-	138,60 kg/j
19	 cont.wissel LZV Industrie Overig	-	184,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
20	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j
21	 weegbrug vrw motor stationair Industrie Overig	-	626,00 kg/j
22	 vacuumwagen Industrie Overig	-	76,70 kg/j
23	 bulkwagen lossen hulpstoffen Industrie Overig	-	919,80 kg/j
24	 veegwagen Industrie Overig	-	58,30 kg/j
25	 hydr.kraan Industrie Overig	-	361,30 kg/j
26	 stationair draaien vrw motor kade 2 Industrie Overig	-	32,90 kg/j
27	 schip (verhalen) kade 2 Industrie Overig	-	11,60 kg/j
28	 stationair draaien vrw motor kade 1 Industrie Overig	-	12,60 kg/j
29	 schip (verhalen) kade 1 Industrie Overig	-	4,40 kg/j
30	 hydr.kraan Industrie Overig	-	118,80 kg/j
31	 stationair draaien vrw motor kade 3 Industrie Overig	-	65,70 kg/j
32	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
33	902 - vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	3,74 kg/j	532,88 kg/j
34	901 - lichte vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,81 kg/j	257,69 kg/j
35	903 - vw combi's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	104,16 kg/j
36	904 - vw LZV's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	25,19 kg/j
37	912 - vw hout kade>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	66,79 kg/j
38	907 - vw hout Sortiva>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	87,73 kg/j
39	911 - vw hout Sortiva>kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,61 kg/j	229,80 kg/j
40	905 - vw aanvoer hout BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	67,35 kg/j
41	906 - vw hout wisselplaats>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	3,84 kg/j
42	908 - vw rest/hulpstoffen Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	28,20 kg/j
43	910 - vw afvoer slakken >kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	3,54 kg/j	504,06 kg/j
44	914 - parkeerplaats Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	6,89 kg/j
45	916 - parkeerplaats lijnstop Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	2,33 kg/j














Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
46		915 - parkeerplaats west Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j 2,91 kg/j
47		703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	13,60 kg/j 1.322,41 kg/j
48		704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	9,18 kg/j 892,17 kg/j
49		702 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	5,07 kg/j 76,14 kg/j
50		701 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j 4,70 kg/j
51		S1 - 1 schip Scheepvaart Binnenvaart: Vaarroute	- 591,71 kg/j














Locatie
CO₂-afvang
hoofdaanvoer AEC















Emissie
CO₂-afvang
hoofdaanvoer AEC

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
1	AVI verbrandingslijn 1 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
2	AVI verbrandingslijn 2 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
3	AVI verbrandingslijn 3 Industrie Overig	4.380,00 kg/j	50,40 ton/j
4	AVI 4 208 uur Industrie Overig	25,30 kg/j	1.527,20 kg/j
5	HSA 1 Industrie Overig	-	34,78 ton/j
6	HSA 2 Industrie Overig	-	19.754,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
7	 HSA 3 Industrie Overig	-	29,96 ton/j
8	 BEC 8552 uur Industrie Overig	2.357,30 kg/j	52,95 ton/j
9	 shovel Industrie Overig	-	144,50 kg/j
10	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
11	 Bobcat Industrie Overig	-	407,80 kg/j
12	 mobiele kraan Industrie Overig	-	451,70 kg/j
13	 dieselheftruck Industrie Overig	-	41,60 kg/j
14	 Terberg Industrie Overig	-	108,40 kg/j
15	 shovel Industrie Overig	-	1.300,90 kg/j
16	 shovel Industrie Overig	-	1.144,80 kg/j
17	 dumper Industrie Overig	-	1.951,30 kg/j
18	 hydr.kraan Industrie Overig	-	138,60 kg/j
19	 cont.wissel LZV Industrie Overig	-	184,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
20	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j
21	 weegbrug vrw motor stationair Industrie Overig	-	626,00 kg/j
22	 vacuumwagen Industrie Overig	-	76,70 kg/j
23	 bulkwagen lossen hulpstoffen Industrie Overig	-	919,80 kg/j
24	 veegwagen Industrie Overig	-	58,30 kg/j
25	 hydr. kraan Industrie Overig	-	361,30 kg/j
26	 stationair draaien vrw motor kade 2 Industrie Overig	-	32,90 kg/j
27	 schip (verhalen) kade 2 Industrie Overig	-	11,60 kg/j
28	 stationair draaien vrw motor kade 1 Industrie Overig	-	12,60 kg/j
29	 schip (verhalen) kade 1 Industrie Overig	-	4,40 kg/j
30	 hydr.kraan Industrie Overig	-	118,80 kg/j
31	 stationair draaien vrw motor kade 3 Industrie Overig	-	65,70 kg/j
32	 cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental) Industrie Overig	-	838,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
33	902 - vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	3,74 kg/j	532,88 kg/j
34	901 - lichte vw aanvoer afval Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,81 kg/j	257,69 kg/j
35	903 - vw combi's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	104,16 kg/j
36	904 - vw LZV's (wissel) Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	25,19 kg/j
37	912 - vw hout kade>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	66,79 kg/j
38	907 - vw hout Sortiva>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	87,73 kg/j
39	911 - vw hout Sortiva>kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,61 kg/j	229,80 kg/j
40	905 - vw aanvoer hout BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	67,35 kg/j
41	906 - vw hout wisselplaats>BEC Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	3,84 kg/j
42	908 - vw rest/hulpstoffen Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	28,20 kg/j
43	910 - vw afvoer slakken >kade Wegverkeer Binnen bebouwde kom	3,54 kg/j	504,06 kg/j
44	914 - parkeerplaats Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	6,89 kg/j
45	916 - parkeerplaats lijnstop Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	2,33 kg/j

Bron Sector		Emissie NH ₃	Emissie NO _x
46	 915 - parkeerplaats west Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	2,91 kg/j
47	 703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	13,60 kg/j	1.322,41 kg/j
48	 704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	9,18 kg/j	892,17 kg/j
49	 702 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	5,07 kg/j	76,14 kg/j
50	 701 - personenwagen rijden, 30 km/h Wegverkeer Binnen bebouwde kom	< 1 kg/j	4,70 kg/j
51	 51 - 1 schip Scheepvaart Binnenvaart: Vaarroute	-	591,71 kg/j
52	 Absorber gevoed BEC Industrie Afvalverwerking	38,60 kg/j	856,60 kg/j
53	 vrachtverkeer afvoer CO ₂ Wegverkeer Binnen bebouwde kom	1,11 kg/j	83,30 kg/j
54	 liquifier Industrie Afvalverwerking	-	19,40 kg/j
55	 absorber gevoed AEC 4 Industrie Afvalverwerking	523,00 kg/j	31,28 ton/j
56	 BEC 30% Industrie Afvalverwerking	18,90 kg/j	425,00 kg/j
57	 AEC 4 50% Industrie Afvalverwerking	519,10 kg/j	31,40 ton/j

Resultaten
stikstof
gevoelige
Natura 2000
gebieden
(mol/ha/j)

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Maas bij Eijsden	0,05	0,04	- 0,01	-
Savelsbos	0,05	0,04	- 0,01	
Geuldal	0,05	0,04	- 0,01	
Westerschelde & Saeftinghe	0,05	0,04	- 0,01	
Noorbeemden & Hoogbos	0,05	0,04	- 0,01	
Sint Pietersberg & Jekerdal	0,05	0,04	- 0,01	
Zwin & Kievittepolder	0,05	0,04	- 0,01	
Canisvliet	0,05	0,04	- 0,01	
Kunderberg	0,05	0,04	- 0,01	
Bemelerberg & Schiepersberg	0,06	0,05	- 0,01	
Groote Gat	0,05	0,04	- 0,01	
Oosterschelde	0,06	0,05	- 0,01	
Geleenbeekdal	0,06	0,05	- 0,01	
Brunsummerheide	0,06	0,05	- 0,01	
Bunder- en Elslooërbos	0,06	0,05	- 0,01	
Vogelkreek	0,06	0,05	- 0,01	-
Manteling van Walcheren	0,06	0,05	- 0,01	
Yerseke en Kapelse Moer	0,06	0,05	- 0,01	
Roerdal	0,07	0,05	- 0,01	
Voordelta	0,07	0,05	- 0,01	-0,02

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Grevelingen	0,07	0,06	- 0,01	-0,02
Meinweg	0,07	0,05	- 0,01	
Kop van Schouwen	0,07	0,06	- 0,01	
Krammer-Volkerak	0,07	0,06	- 0,01	-0,02
Brabantse Wal	0,08	0,07	- 0,02	
Sarsven en De Banen	0,07	0,06	- 0,02	
Weerter- en Budelerbergen & Ringselven	0,07	0,06	- 0,02	
Swalmdal	0,08	0,06	- 0,02	
Leudal	0,08	0,06	- 0,02	
Groote Peel	0,08	0,06	- 0,02	
Duinen Goeree & Kwade Hoek	0,08	0,07	- 0,02	
Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux	0,08	0,06	- 0,02	
Strabrechtse Heide & Beuven	0,08	0,06	- 0,02	
Deurnsche Peel & Mariapeel	0,09	0,07	- 0,02	
Maasduinen	0,09	0,07	- 0,02	
Kempeland-West	0,09	0,07	- 0,02	
Voornes Duin	0,10	0,08	- 0,02	
Regte Heide & Riels Laag	0,11	0,09	- 0,02	
Boschhuizerbergen	0,10	0,08	- 0,02	
Wooldse Veen	0,11	0,09	- 0,02	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Kampina & Oisterwijkse Vennen	0,11	0,09	- 0,02	
Biesbosch	0,12	0,10	- 0,02	-0,03
Willinks Weust	0,12	0,09	- 0,02	
Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen	0,12	0,09	- 0,02	
Korenburgerveen	0,12	0,09	- 0,02	
Zeldersche Driessen	0,12	0,09	- 0,03	
Aamsveen	0,12	0,10	- 0,03	
Bekendelle	0,12	0,10	- 0,03	
Dinkelland	0,12	0,10	- 0,03	
Witte Veen	0,12	0,10	- 0,03	
Solleveld & Kapittelduinen	0,12	0,10	- 0,03	
Oeffelter Meent	0,12	0,09	- 0,03	
Buurserzand & Haaksbergerveen	0,13	0,10	- 0,03	
Rijntakken	0,12	0,09	- 0,03	
Ulvenhoutse Bos	0,14	0,11	- 0,03	
Landgoederen Oldenzaal	0,13	0,11	- 0,03	
De Bruuk	0,13	0,11	- 0,03	
Vlijmens Ven, Moerputten & Bossche Broek	0,14	0,11	- 0,03	
Langstraat	0,14	0,12	- 0,03	
Bergvennen & Brecklenkampse Veld	0,13	0,11	- 0,03	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Waddenzee	0,14	0,11	- 0,03	-0,05
Sint Jansberg	0,14	0,11	- 0,03	
Lonnekermeer	0,14	0,11	- 0,03	
Lemselermaten	0,15	0,12	- 0,03	
Bargerveen	0,15	0,11	- 0,03	
Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek	0,15	0,12	- 0,03	
Springendal & Dal van de Mosbeek	0,15	0,12	- 0,03	
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem	0,15	0,12	- 0,03	-0,04
Stelkampsveld	0,15	0,12	- 0,04	
Westduinpark & Wapendal	0,16	0,12	- 0,04	
Lingegebied & Diefdijk-Zuid	0,16	0,13	- 0,04	
Borkeld	0,17	0,14	- 0,04	
Veluwe	0,16	0,13	- 0,04	
Engbertsdijksvenen	0,17	0,13	- 0,04	
Lieftingsbroek	0,18	0,14	- 0,04	
Noordzeekustzone	0,17	0,14	- 0,04	-0,05
Wierdense Veld	0,18	0,14	- 0,04	
Sallandse Heuvelrug	0,19	0,15	- 0,04	
Uiterwaarden Lek	0,19	0,15	- 0,04	
Landgoederen Brummen	0,19	0,15	- 0,04	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Zouweboezem	0,18	0,14	- 0,04	
Drouwenezand	0,20	0,16	- 0,04	
Vecht- en Beneden-Reggegebied	0,20	0,16	- 0,04	
Meijndel & Berkheide	0,19	0,14	- 0,04	
Duinen Schiermonnikoog	0,20	0,15	- 0,04	-0,05
Boetelerveld	0,21	0,16	- 0,04	
Drentsche Aa-gebied	0,22	0,17	- 0,05	
Elperstroomgebied	0,22	0,17	- 0,05	
Mantingerzand	0,22	0,18	- 0,05	
Duinen Ameland	0,23	0,18	- 0,05	
Mantingerbos	0,23	0,18	- 0,05	
Binnenveld	0,20	0,15	- 0,05	
Duinen Terschelling	0,23	0,18	- 0,05	-0,07
Kolland & Overlangbroek	0,21	0,16	- 0,05	-0,06
Fochteloërveen	0,23	0,18	- 0,05	
Nieuwkoopse Plassen & De Haeck	0,23	0,18	- 0,05	
Dwingelderveld	0,25	0,20	- 0,05	
Witterveld	0,24	0,19	- 0,05	
Duinen Vlieland	0,25	0,20	- 0,06	-0,08
Duinen en Lage Land Texel	0,25	0,19	- 0,06	-0,08

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil		Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2		
Coepelduynen	0,23	0,18	- 0,06	
Drents-Friese Wold & Leggelderveld	0,27	0,21	- 0,06	
Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht	0,27	0,21	- 0,06	
Norgerholt	0,29	0,22	- 0,06	-0,07
Bakkeveense Duinen	0,30	0,23	- 0,06	-0,07
Holtingerveld	0,31	0,24	- 0,07	
Olde Maten & Veerslootslanden	0,30	0,24	- 0,07	
Oostelijke Vechtplassen	0,27	0,21	- 0,07	
De Wieden	0,32	0,25	- 0,07	
Kennemerland-Zuid	0,28	0,21	- 0,07	-0,08
Wijnjeterper Schar	0,33	0,26	- 0,07	
Groote Wielen	0,33	0,26	- 0,07	-
Zwarte Meer	0,34	0,26	- 0,08	-
Alde Feanen	0,34	0,26	- 0,08	
Van Oordt's Mersken	0,37	0,28	- 0,08	
Weerribben	0,36	0,28	- 0,08	-0,09
Rottige Meenthe & Brandemeer	0,37	0,28	- 0,09	
Botshol	0,36	0,26	- 0,10	
Naardermeer	0,40	0,29	- 0,11	
Oudegaasterbrekken, Fluessen en omgeving	0,50	0,37	- 0,13	-

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
IJsselmeer	0,54	0,40	- 0,14	-
Duinen Den Helder-Callantsoog	0,55	0,40	- 0,14	-0,15
Noordhollands Duinreservaat	0,82	0,61	- 0,21	-0,22
Zwanenwater & Pettemerduinen	0,80	0,58	- 0,21	-0,24
Polder Westzaan	0,94	0,69	- 0,25	
Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske	0,95	0,70	- 0,26	
Schoorlse Duinen	1,16	0,88	- 0,28	-0,33
Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder	1,31	0,96	- 0,35	
Eilandspolder	3,40	2,49	- 0,92	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Resultaten
per
habitatype
(mol/ha/j)

voor de 10
stikstofgevoelige
Natura 2000-
gebieden met het
hoogste resultaat

Maas bij Eijsden

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,05	0,04	- 0,01	-

Savelsbos

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,05	0,04	- 0,01	
H9120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,06	0,05	- 0,01	
ZGH6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,06	0,05	- 0,01	

Geuldal

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
H91EoC Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,05	0,04	- 0,01	
H6130 Zinkweiden	0,05	0,04	- 0,01	
H6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,05	0,04	- 0,01	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,05	0,04	- 0,01	
H6230dkr Heischrale graslanden, droog kalkrijk	0,05	0,04	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,05	0,04	- 0,01	
H6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,05	0,04	- 0,01	
H9120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,05	0,04	- 0,01	
H9110 Veldbies-beukenbossen	0,05	0,04	- 0,01	
H7220 Kalktufbronnen	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	
H7230 Kalkmoerassen	0,08	0,06	- 0,01	

Westerschelde & Saefthinghe

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2			
H1320 Slijkgrasvelden	0,05	0,04	- 0,01		
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,05	0,04	- 0,01		
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,05	0,04	- 0,01		
H2110 Embryonale duinen	0,05	0,04	- 0,01		
H2120 Witte duinen	0,05	0,04	- 0,01		
H2160 Duindoornstruwelen	0,05	0,04	- 0,01		
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	0,05	0,04	- 0,01		
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,06	0,04	- 0,01	-	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,06	0,05	- 0,01		

Noorbeemden & Hoogbos

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil	Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2			
Hg160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,05	0,04	- 0,01		
Hg1EoC Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,05	0,04	- 0,01		
H7220 Kalktufbronnen	0,06	0,05	- 0,01		

Sint Pietersberg & Jekerdal

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonalen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
ZGH6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,05	0,04	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,05	0,04	- 0,01	
H6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	
H6230dkr Heischrale graslanden, droog kalkrijk	0,06	0,05	- 0,01	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	
ZGH9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	

Zwin & Kievittepolder

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,05	0,04	- 0,01	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,05	0,04	- 0,01	
H2120 Witte duinen	0,05	0,04	- 0,01	
H1320 Slijkgrasvelden	0,06	0,04	- 0,01	-
H2160 Duindoornstruwelen	0,06	0,04	- 0,01	
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	0,06	0,05	- 0,01	
H2130A Grijs duinen (kalkrijk)	0,06	0,05	- 0,01	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,06	0,05	- 0,01	
H2180B Duinbossen (vochtig)	0,07	0,05	- 0,01	

Canisvliet

Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
Lgo8 Nat, matig voedselrijk grasland	0,05	0,04	- 0,01	

Kunderberg

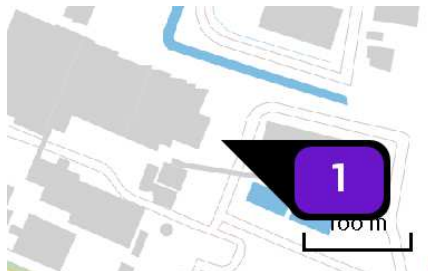
Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Verschil	
H6210 Kalkgraslanden	0,05	0,04	- 0,01	
Hg160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	

Bemelerberg & Schiepersberg

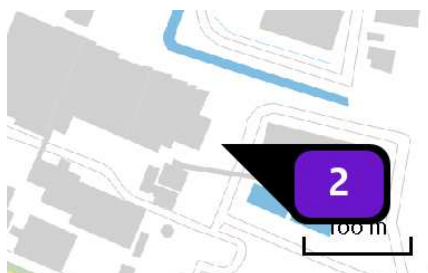
Habitatype	Hectare met hoogste verschil			Verskil op (bijna) overbelaste hexagonen*
	Situatie 1	Situatie 2	Vershil	
H9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)	0,06	0,05	- 0,01	
H6210 Kalkgraslanden	0,06	0,05	- 0,01	
H6230dkr Heischrale graslanden, droog kalkrijk	0,06	0,05	- 0,01	
H6110 Pionierbegroeiingen op rotsbodem	0,06	0,05	- 0,01	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

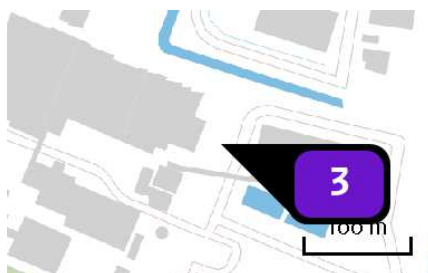
Emissie
(per bron)
Nb



Naam AVI verbrandingslijn 1
 Locatie (X,Y) 112697, 513762
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,390 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 50,40 ton/j
 NH3 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 2
 Locatie (X,Y) 112696, 513759
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,390 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 50,40 ton/j
 NH3 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 3
 Locatie (X,Y) 112701, 513761
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 5,390 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 50,40 ton/j
 NH3 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 4
 Locatie (X,Y) 112700, 513757
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,780 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 77,00 ton/j
 NH3 8.760,00 kg/j



Naam HSA 1
 Locatie (X,Y) 112518, 513727
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,150 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 34,78 ton/j



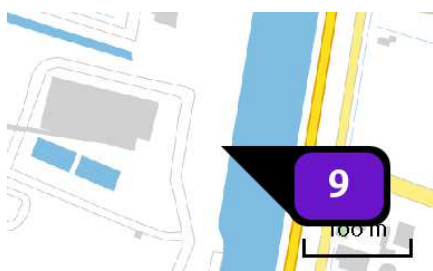
Naam HSA 2
 Locatie (X,Y) 112520, 513732
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,130 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 19.754,20 kg/j



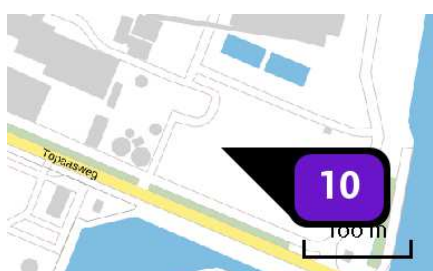
Naam HSA 3
 Locatie (X,Y) 112522, 513737
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,110 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 29,96 ton/j



Naam BEC
 Locatie (X,Y) 112696, 513723
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,600 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 98,10 ton/j
 NH3 7.008,00 kg/j



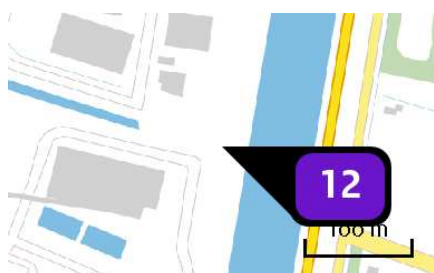
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112898, 513715
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 144,50 kg/j



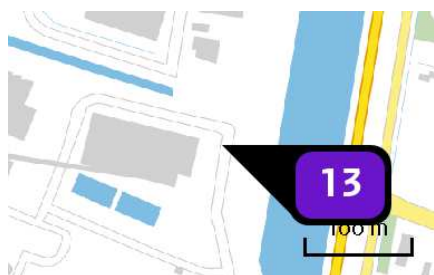
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112721, 513617
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.590,00 kg/j



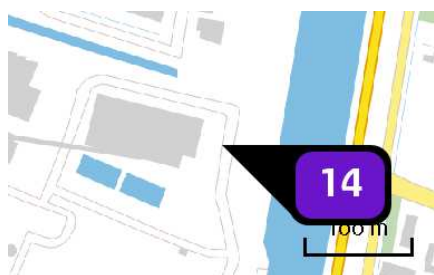
Naam **Bobcat**
 Locatie (X,Y) **112908, 513858**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **407,80 kg/j**



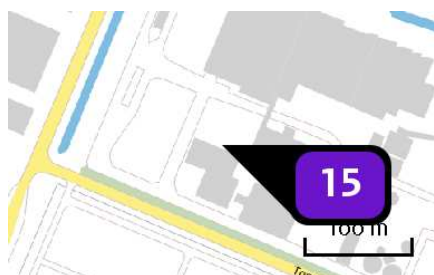
Naam **mobile kraan**
 Locatie (X,Y) **112893, 513779**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **451,70 kg/j**



Naam **dieselheftruck**
 Locatie (X,Y) **112861, 513749**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **41,60 kg/j**



Naam **Terberg**
 Locatie (X,Y) **112857, 513732**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **108,40 kg/j**



Naam **shovel**
 Locatie (X,Y) **112487, 513728**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **1.300,90 kg/j**



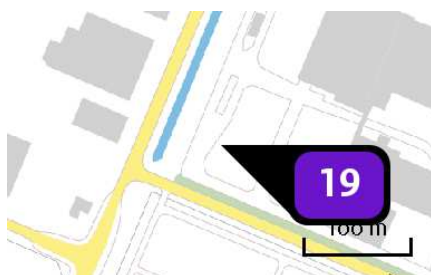
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112757, 513611
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.300,90 kg/j



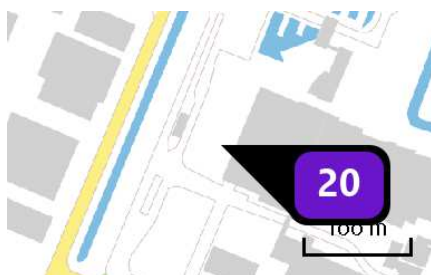
Naam dumper
 Locatie (X,Y) 112760, 513619
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.951,30 kg/j



Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112752, 513607
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 138,60 kg/j



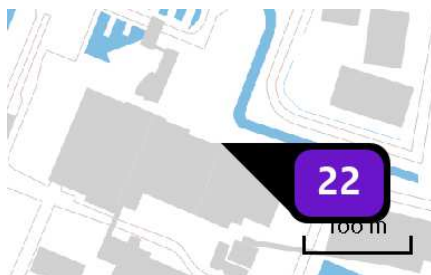
Naam cont.wissel LZV
 Locatie (X,Y) 112398, 513736
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 184,00 kg/j



Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112469, 513829
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



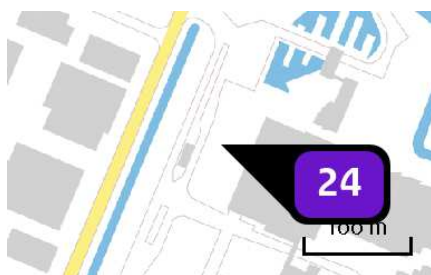
Naam weegbrug vrw motor stationair
 Locatie (X,Y) 112435, 513858
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 626,00 kg/j



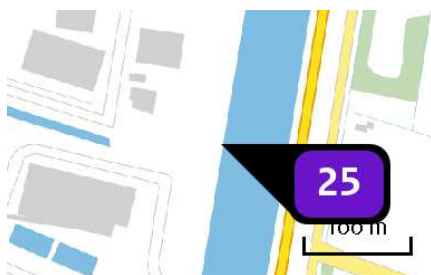
Naam vacuümwagen
 Locatie (X,Y) 112631, 513832
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 76,70 kg/j



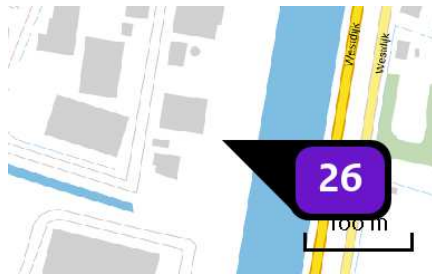
Naam bulkwagen lossen hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112675, 513742
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 919,80 kg/j



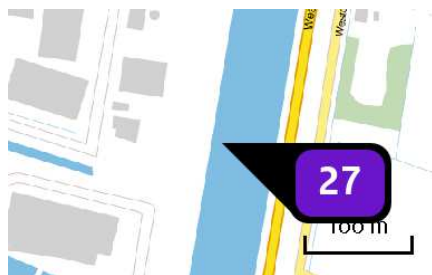
Naam veegwagen
 Locatie (X,Y) 112464, 513858
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 58,30 kg/j



Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112919, 513797
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 361,30 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 2
 Locatie (X,Y) 112898, 513862
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 32,90 kg/j



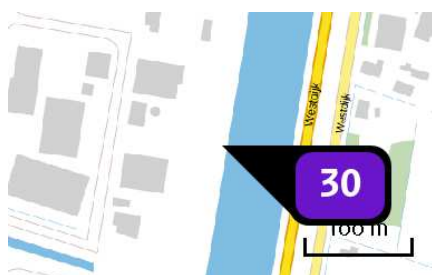
Naam schip (verhalen) kade 2
 Locatie (X,Y) 112936, 513825
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 11,60 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 1
 Locatie (X,Y) 112931, 513915
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 12,60 kg/j



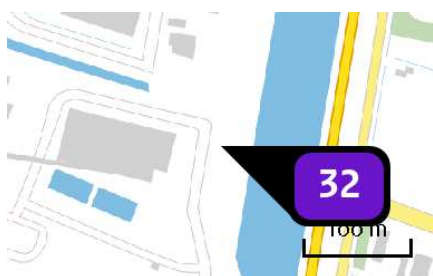
Naam schip (verhalen) kade 1
 Locatie (X,Y) 112944, 513910
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 4,40 kg/j



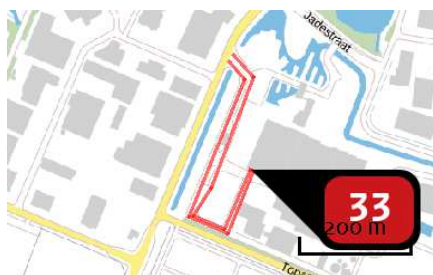
Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112935, 513912
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 118,80 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 3
 Locatie (X,Y) 112879, 513718
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 65,70 kg/j

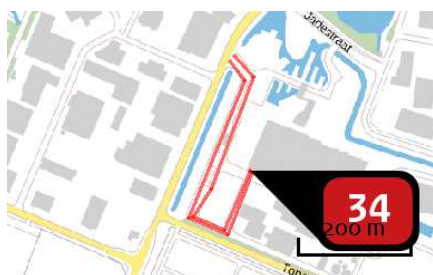


Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112882, 513744
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



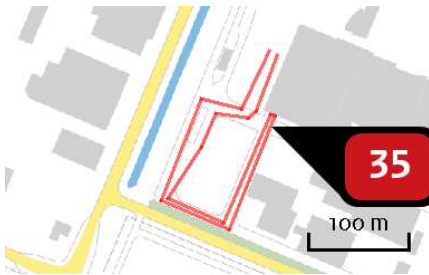
Naam 902 - vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112478, 513793
 NOx 532,88 kg/j
 NH3 3,74 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	165,0 / etmaal	NOx NH3	532,88 kg/j 3,74 kg/j



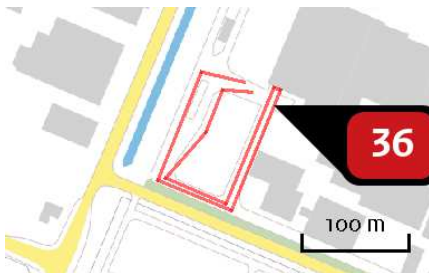
Naam 901 - lichte vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112476, 513793
 NOx 257,69 kg/j
 NH3 1,81 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	257,69 kg/j 1,81 kg/j



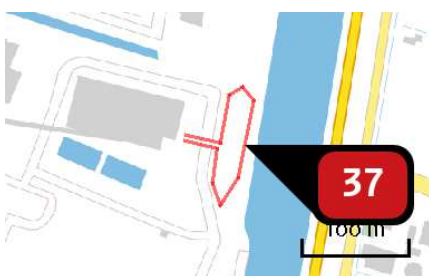
Naam **903 - vw combi's (wissel)**
 Locatie (X,Y) **112477, 513782**
 NOx **104,16 kg/j**
 NH₃ **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	41,0 / etmaal	NOx NH ₃	104,16 kg/j < 1 kg/j



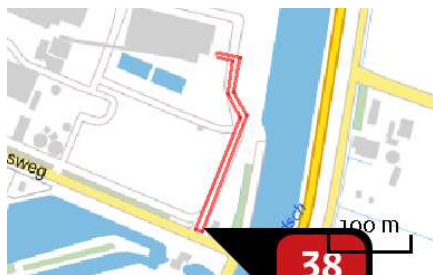
Naam **904 - vw LZV's (wissel)**
 Locatie (X,Y) **112475, 513777**
 NOx **25,19 kg/j**
 NH₃ **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	12,0 / etmaal	NOx NH ₃	25,19 kg/j < 1 kg/j



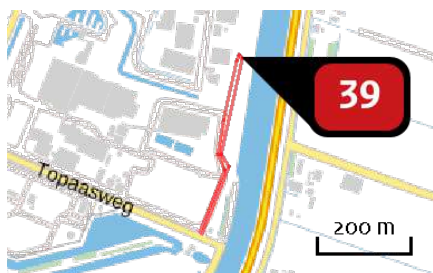
Naam **912 - vw hout kade>BEC**
 Locatie (X,Y) **112896, 513715**
 NOx **66,79 kg/j**
 NH₃ **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	70,0 / etmaal	NOx NH ₃	66,79 kg/j < 1 kg/j



Naam 907 - vw hout Sortiva>BEC
 Locatie (X,Y) 112825, 513513
 NOx 87,73 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	87,73 kg/j < 1 kg/j



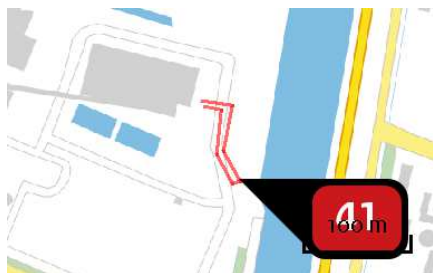
Naam 911 - vw hout Sortiva>kade
 Locatie (X,Y) 112908, 513886
 NOx 229,80 kg/j
 NH3 1,61 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	90,0 / etmaal	NOx NH3	229,80 kg/j 1,61 kg/j



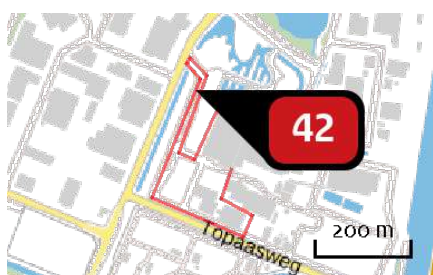
Naam 905 - vw aanvoer hout BEC
 Locatie (X,Y) 112445, 513981
 NOx 67,35 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	10,0 / etmaal	NOx NH3	67,35 kg/j < 1 kg/j



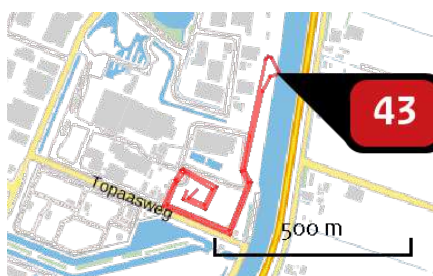
Naam 906 - vw hout wisselplaats>BEC
 Locatie (X,Y) 112877, 513653
 NOx 3,84 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	6,0 / etmaal	NOx NH3	3,84 kg/j < 1 kg/j



Naam 908 - vw rest/hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112456, 513932
 NOx 28,20 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	7,0 / etmaal	NOx NH3	28,20 kg/j < 1 kg/j



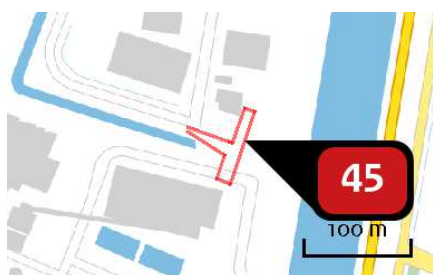
Naam 910 - vw afvoer slakken >kade
 Locatie (X,Y) 112944, 513924
 NOx 504,06 kg/j
 NH3 3,54 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	504,06 kg/j 3,54 kg/j



Naam 914 - parkeerplaats
 Locatie (X,Y) 112621, 513884
 NOx 6,89 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	120,0 / etmaal	NOx NH3	6,89 kg/j < 1 kg/j



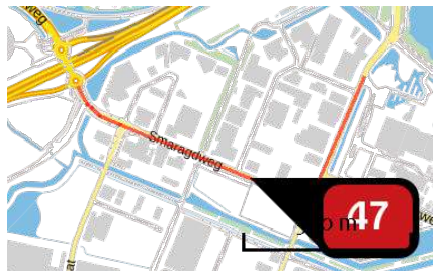
Naam 916 - parkeerplaats lijnstop
 Locatie (X,Y) 112861, 513803
 NOx 2,33 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	2,33 kg/j < 1 kg/j



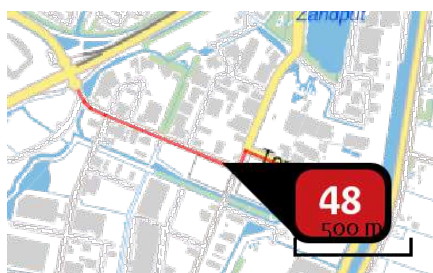
Naam 915 - parkeerplaats west
 Locatie (X,Y) 112478, 513907
 NOx 2,91 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	30,0 / etmaal	NOx NH3	2,91 kg/j < 1 kg/j



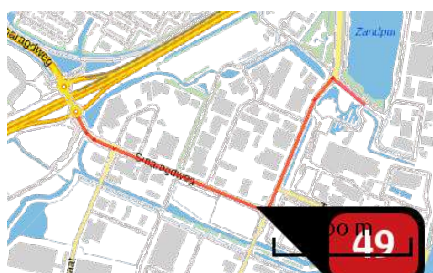
Naam 703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112102, 513702
 NOx 1.322,41 kg/j
 NH3 13,60 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	510,0 / etmaal	NOx NH3	1.322,41 kg/j 13,60 kg/j



Naam 704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112211, 513658
 NOx 892,17 kg/j
 NH3 9,18 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	290,0 / etmaal	NOx NH3	892,17 kg/j 9,18 kg/j



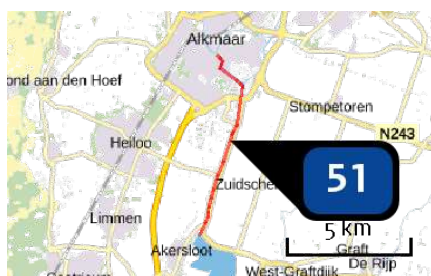
Naam 702 - personenwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112234, 513647
 NOx 76,14 kg/j
 NH3 5,07 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	410,0 / etmaal	NOx NH3	76,14 kg/j 5,07 kg/j



Naam 701 - personenwagen rijden,
30 km/h
Locatie (X,Y) 112682, 513900
NOx 4,70 kg/j
NH3 < 1 kg/j

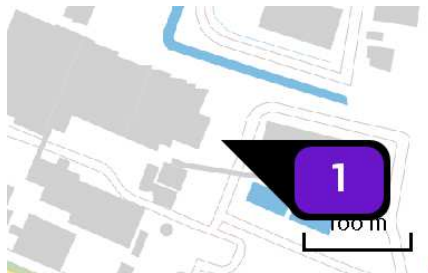
Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	110,0 / etmaal	NOx NH3	4,70 kg/j < 1 kg/j



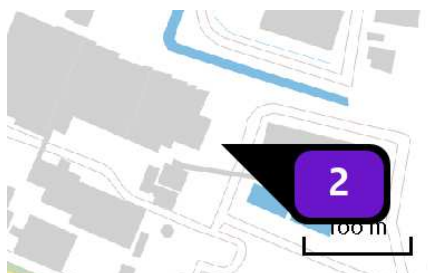
Naam S1 - 1 schip
Locatie (X,Y) 112647, 512885
Type vaarweg CEMT_IV
NOx 591,71 kg/j

Scheepstype	Omschrijving	Vaarbeweging (A -> B)	Percentage geladen	Vaarbeweging (B -> A)	Percentage geladen	Stof	Emissie
M3	CEMT-IV	1 / etmaal	100%	0 / etmaal	0%	NOx	591,71 kg/j

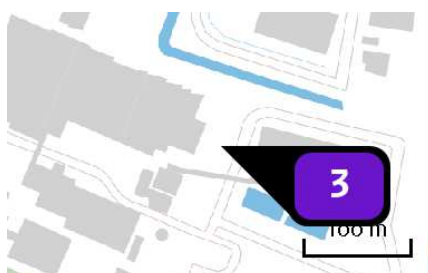
Emissie
(per bron)
CO₂-afvang
hoofdaanvoer AEC



Naam AVI verbrandingslijn 1
Locatie (X,Y) 112697, 513762
Uitstoothoogte 80,0 m
Warmteinhoud 5,280 MW
Temporele variatie Continue emissie
NOx 50,40 ton/j
NH₃ 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 2
Locatie (X,Y) 112696, 513759
Uitstoothoogte 80,0 m
Warmteinhoud 5,210 MW
Temporele variatie Continue emissie
NOx 50,40 ton/j
NH₃ 4.380,00 kg/j



Naam AVI verbrandingslijn 3
Locatie (X,Y) 112701, 513761
Uitstoothoogte 80,0 m
Warmteinhoud 4,660 MW
Temporele variatie Continue emissie
NOx 50,40 ton/j
NH₃ 4.380,00 kg/j



Naam AVI 4 208 uur
Locatie (X,Y) 112700, 513757
Uitstoothoogte 80,0 m
Warmteinhoud 3,060 MW
Temporele variatie Continue emissie
NOx 1.527,20 kg/j
NH₃ 25,30 kg/j



Naam HSA 1
Locatie (X,Y) 112518, 513727
Uitstoothoogte 15,0 m
Warmteinhoud 0,150 MW
Temporele variatie Continue emissie
NOx 34,78 ton/j



Naam HSA 2
 Locatie (X,Y) 112520, 513732
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,130 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 19.754,00 kg/j



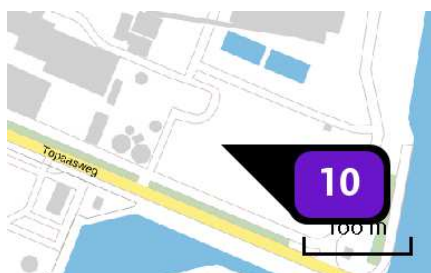
Naam HSA 3
 Locatie (X,Y) 112522, 513737
 Uitstoothoogte 15,0 m
 Warmteinhoud 0,110 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 29,96 ton/j



Naam BEC 8552 uur
 Locatie (X,Y) 112696, 513723
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 3,230 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 52,95 ton/j
 NH3 2.357,30 kg/j



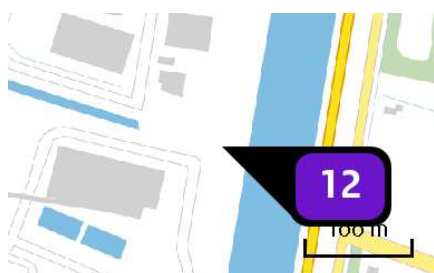
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112898, 513715
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 144,50 kg/j



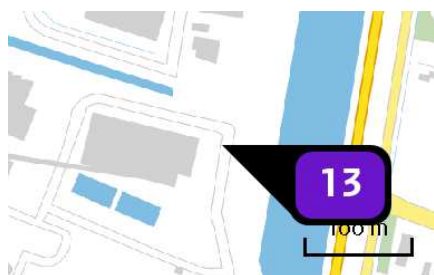
Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112721, 513617
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.300,90 kg/j



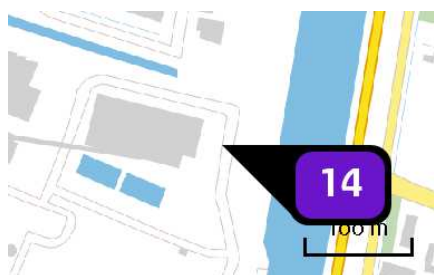
Naam **Bobcat**
 Locatie (X,Y) **112908, 513858**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **407,80 kg/j**



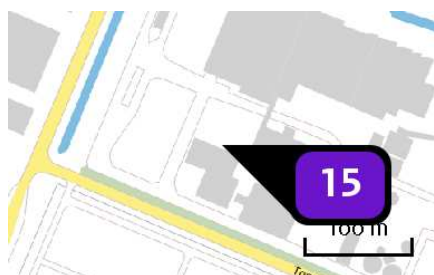
Naam **mobile kraan**
 Locatie (X,Y) **112893, 513779**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **451,70 kg/j**



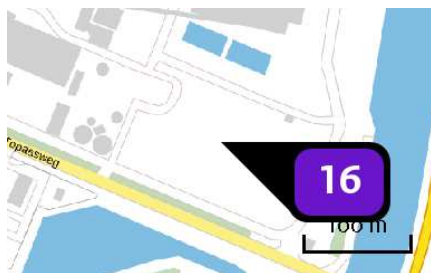
Naam **dieselheftruck**
 Locatie (X,Y) **112861, 513749**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **41,60 kg/j**



Naam **Terberg**
 Locatie (X,Y) **112857, 513732**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **108,40 kg/j**



Naam **shovel**
 Locatie (X,Y) **112487, 513728**
 Uitstoothoogte **3,5 m**
 Warmteinhoud **0,000 MW**
 Temporele variatie **Continue emissie**
 NOx **1.300,90 kg/j**



Naam shovel
 Locatie (X,Y) 112757, 513611
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.144,80 kg/j



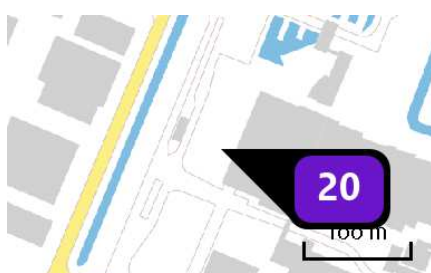
Naam dumper
 Locatie (X,Y) 112760, 513619
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 1.951,30 kg/j



Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112752, 513607
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 138,60 kg/j



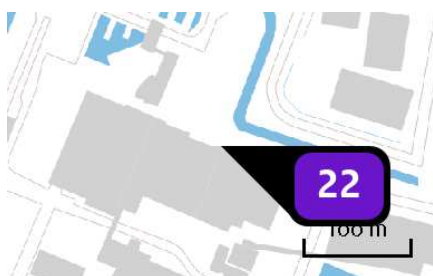
Naam cont.wissel LZV
 Locatie (X,Y) 112398, 513736
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 184,00 kg/j



Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112469, 513829
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



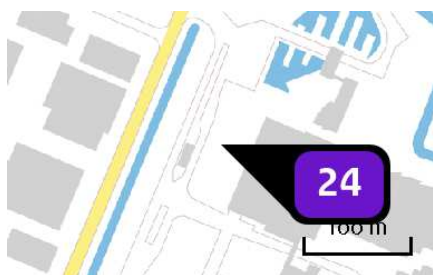
Naam weegbrug vrw motor stationair
 Locatie (X,Y) 112435, 513858
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 626,00 kg/j



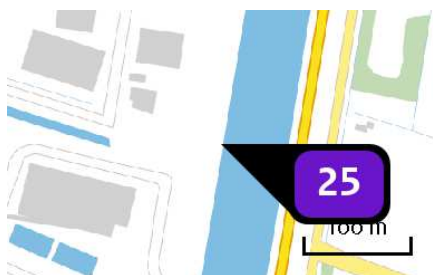
Naam vacuümwagen
 Locatie (X,Y) 112631, 513832
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 76,70 kg/j



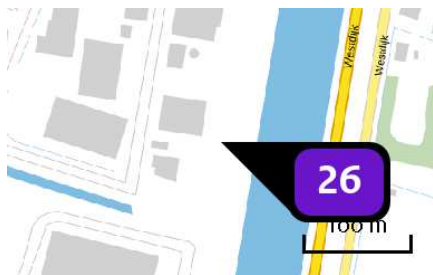
Naam bulkwagen lossen hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112675, 513742
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 919,80 kg/j



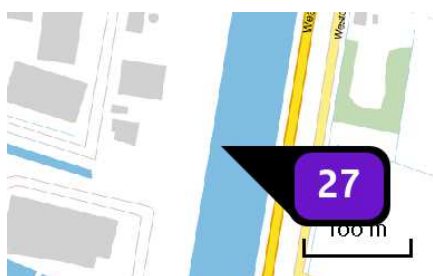
Naam veegwagen
 Locatie (X,Y) 112464, 513858
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 58,30 kg/j



Naam hydr. kraan
 Locatie (X,Y) 112919, 513797
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 361,30 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 2
 Locatie (X,Y) 112898, 513862
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 32,90 kg/j



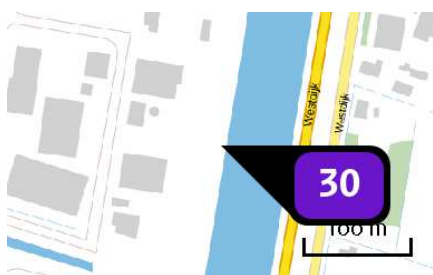
Naam schip (verhalen) kade 2
 Locatie (X,Y) 112936, 513825
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 11,60 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 1
 Locatie (X,Y) 112931, 513915
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 12,60 kg/j



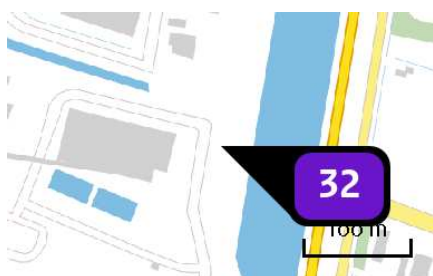
Naam schip (verhalen) kade 1
 Locatie (X,Y) 112944, 513910
 Uitstoothoogte 5,0 m
 Warmteinhoud 0,030 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 4,40 kg/j



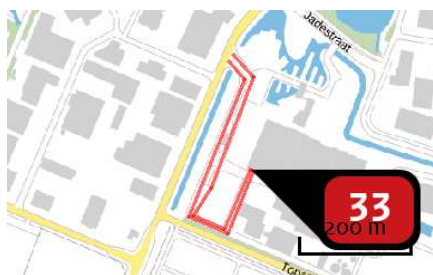
Naam hydr.kraan
 Locatie (X,Y) 112935, 513912
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 118,80 kg/j



Naam stationair draaien vrw motor kade 3
 Locatie (X,Y) 112879, 513718
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 65,70 kg/j

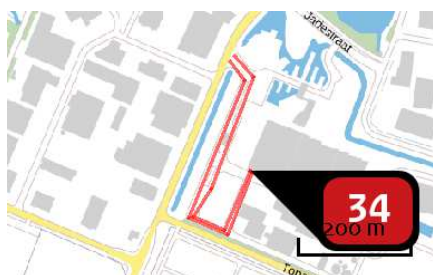


Naam cont.wissel (vrw motor verhoogd toerental)
 Locatie (X,Y) 112882, 513744
 Uitstoothoogte 2,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 838,00 kg/j



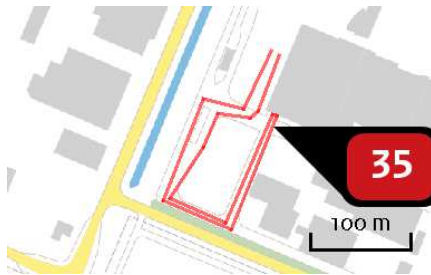
Naam 902 - vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112478, 513793
 NOx 532,88 kg/j
 NH3 3,74 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	165,0 / etmaal	NOx NH3	532,88 kg/j 3,74 kg/j



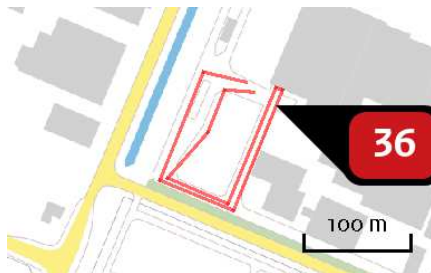
Naam 901 - lichte vw aanvoer afval
 Locatie (X,Y) 112476, 513793
 NOx 257,69 kg/j
 NH3 1,81 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	257,69 kg/j 1,81 kg/j



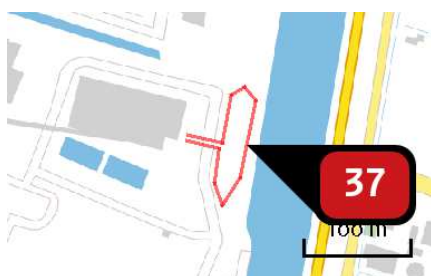
Naam **903 - vw combi's (wissel)**
 Locatie (X,Y) **112477, 513782**
 NOx **104,16 kg/j**
 NH3 **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	41,0 / etmaal	NOx NH3	104,16 kg/j < 1 kg/j



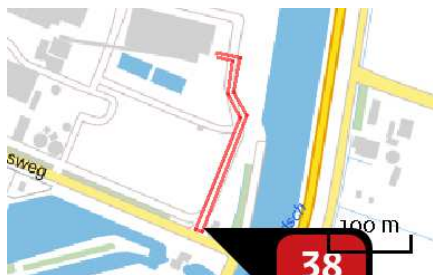
Naam **904 - vw LZV's (wissel)**
 Locatie (X,Y) **112475, 513777**
 NOx **25,19 kg/j**
 NH3 **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	12,0 / etmaal	NOx NH3	25,19 kg/j < 1 kg/j



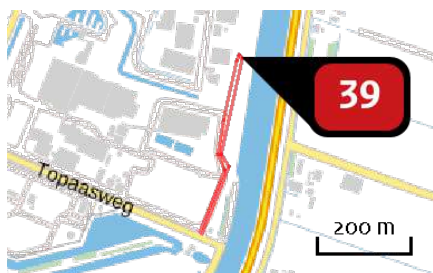
Naam **912 - vw hout kade>BEC**
 Locatie (X,Y) **112896, 513715**
 NOx **66,79 kg/j**
 NH3 **< 1 kg/j**

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	70,0 / etmaal	NOx NH3	66,79 kg/j < 1 kg/j



Naam 907 - vw hout Sortiva>BEC
 Locatie (X,Y) 112825, 513513
 NOx 87,73 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	87,73 kg/j < 1 kg/j



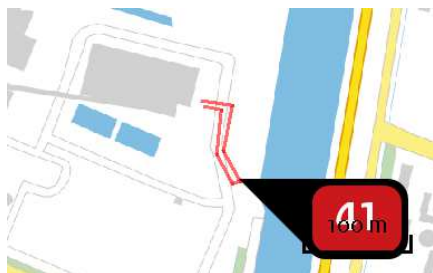
Naam 911 - vw hout Sortiva>kade
 Locatie (X,Y) 112908, 513886
 NOx 229,80 kg/j
 NH3 1,61 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	90,0 / etmaal	NOx NH3	229,80 kg/j 1,61 kg/j



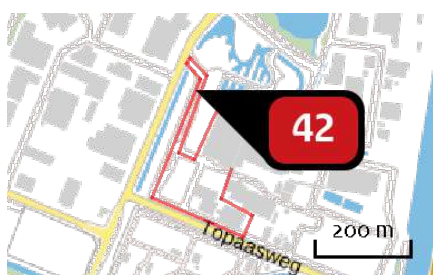
Naam 905 - vw aanvoer hout BEC
 Locatie (X,Y) 112445, 513981
 NOx 67,35 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	10,0 / etmaal	NOx NH3	67,35 kg/j < 1 kg/j



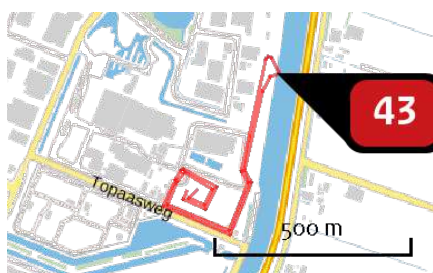
Naam 906 - vw hout wisselplaats>BEC
 Locatie (X,Y) 112877, 513653
 NOx 3,84 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	6,0 / etmaal	NOx NH3	3,84 kg/j < 1 kg/j



Naam 908 - vw rest/hulpstoffen
 Locatie (X,Y) 112456, 513932
 NOx 28,20 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	7,0 / etmaal	NOx NH3	28,20 kg/j < 1 kg/j



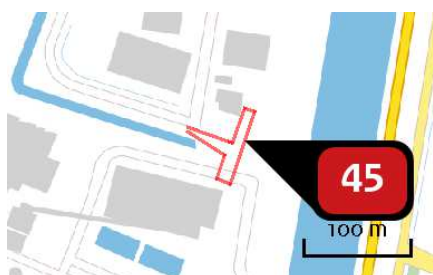
Naam 910 - vw afvoer slakken >kade
 Locatie (X,Y) 112944, 513924
 NOx 504,06 kg/j
 NH3 3,54 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	80,0 / etmaal	NOx NH3	504,06 kg/j 3,54 kg/j



Naam 914 - parkeerplaats
 Locatie (X,Y) 112621, 513884
 NOx 6,89 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	120,0 / etmaal	NOx NH3	6,89 kg/j < 1 kg/j



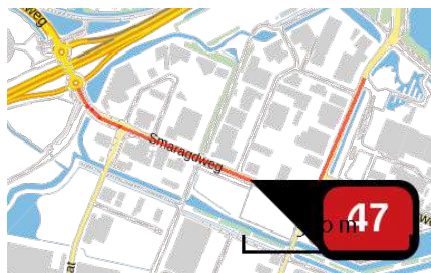
Naam 916 - parkeerplaats lijnstop
 Locatie (X,Y) 112861, 513803
 NOx 2,33 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	55,0 / etmaal	NOx NH3	2,33 kg/j < 1 kg/j



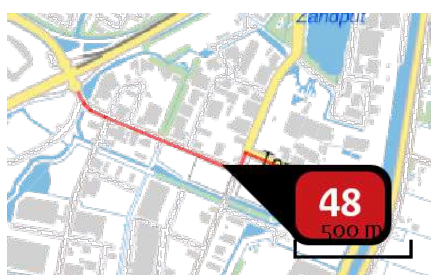
Naam 915 - parkeerplaats west
 Locatie (X,Y) 112478, 513907
 NOx 2,91 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	30,0 / etmaal	NOx NH3	2,91 kg/j < 1 kg/j



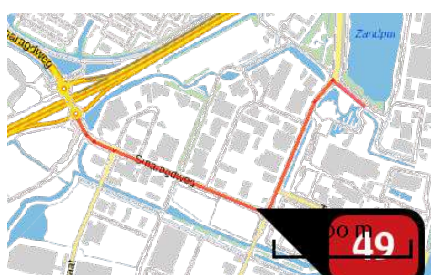
Naam 703 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112102, 513702
 NOx 1.322,41 kg/j
 NH3 13,60 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	510,0 / etmaal	NOx NH3	1.322,41 kg/j 13,60 kg/j



Naam 704 - vrachtwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112211, 513658
 NOx 892,17 kg/j
 NH3 9,18 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	290,0 / etmaal	NOx NH3	892,17 kg/j 9,18 kg/j



Naam 702 - personenwagen rijden, 30 km/h
 Locatie (X,Y) 112234, 513647
 NOx 76,14 kg/j
 NH3 5,07 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	410,0 / etmaal	NOx NH3	76,14 kg/j 5,07 kg/j



Naam 701 - personenwagen rijden,
30 km/h
 Locatie (X,Y) 112682, 513900
 NOx 4,70 kg/j
 NH3 < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	110,0 / etmaal	NOx NH3	4,70 kg/j < 1 kg/j

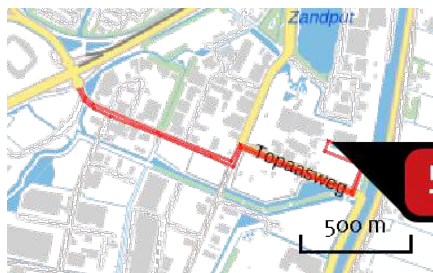


Naam S1 - 1 schip
 Locatie (X,Y) 112647, 512885
 Type vaarweg CEMT_IV
 NOx 591,71 kg/j

Scheepstype	Omschrijving	Vaarbeweging (A -> B)	Percentage geladen	Vaarbeweging (B -> A)	Percentage geladen	Stof	Emissie
M3	CEMT-IV	1 / etmaal	100%	0 / etmaal	0%	NOx	591,71 kg/j



Naam Absorber gevoed BEC
 Locatie (X,Y) 112727, 513712
 Uitstoothoogte 55,0 m
 Warmteinhoud 1,130 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 856,60 kg/j
 NH3 38,60 kg/j

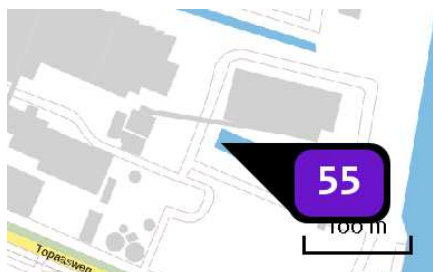


Naam vrachtverkeer afvoer CO2
 Locatie (X,Y) 112724, 513729
 NOx 83,30 kg/j
 NH3 1,11 kg/j

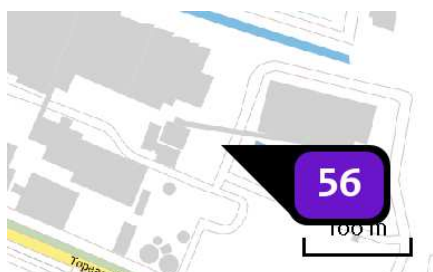
Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	14,0 / etmaal	NOx NH3	83,30 kg/j 1,11 kg/j



Naam liquifier
 Locatie (X,Y) 112783, 513690
 Uitstoothoogte 3,5 m
 Warmteinhoud 0,000 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 19,40 kg/j



Naam absorber gevoed AEC 4
 Locatie (X,Y) 112727, 513710
 Uitstoothoogte 55,0 m
 Warmteinhoud 1,130 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 31,28 ton/j
 NH3 523,00 kg/j



Naam BEC 30%
 Locatie (X,Y) 112695, 513719
 Uitstoothoogte 80,0 m
 Warmteinhoud 0,630 MW
 Temporele variatie Continue emissie
 NOx 425,00 kg/j
 NH3 18,90 kg/j



Naam	AEC 4 50%
Locatie (X,Y)	112697, 513756
Uitstoothoogte	88,0 m
Warmteinhoud	1,440 MW
Temporele variatie	Continue emissie
NOx	31,40 ton/j
NH ₃	519,10 kg/j

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS versie [2020_20201013_1649cba239](#)

Database versie [2020_20201013_1649cba239](#)

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:

<https://www.aerius.nl/nl/factsheets/release/aerius-calculator-2020>



Plant Description

**CO2 CAPTURE, PURIFICATION AND LIQUEFACTION PLANT
FEED STUDY**

Linde Project No. 3710 A04N	Client Project No. ---
Linde Project Code ALKMAAR_LCO2	Client Project Code ALKMAAR_LCO2
Linde Doc. No. &AE-S-RX 1010 (EN)	Client Doc. No. --- Client Revision --

HAZID Review Report

X	01	01.02.2019	K. Chromik	G. Wendsche	S. Zimmermann	
Status	Issue	Date	Prepared	Reviewed	Approved	Remarks

The reproduction, distribution and utilization of this document as well as the communication of its contents to others without express authorization are prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design.

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

CONTENT

1	Introduction	3
2	HAZID Objective and Methodology	3
3	HAZID Organisation	4
4	Results	5
4.1	Abbreviations	5
4.2	Recommendations	5
4.3	Worksheet	7

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

1 Introduction

As part of the Linde Job No. 3710 A04N a hazard identification (HAZID) study of the Alkmaar LCO2 Plant was carried out on the 30th of January 2019 at HVC offices in Alkmaar / Netherlands, in order to ensure that hazardous scenarios related to the CO2 Capture, Purification and Liquefaction of CO2 from waste incineration are identified in early design stages in order to prevent, mitigate and control them. The HAZID was attended by representatives from HVC, Linde Gas and Linde Engineering.

The HAZID was performed in accordance with the Linde HAZID Standard LS 905-13. The workshop was recorded using PHA Pro 8. The HAZID worksheets and other relevant information have been extracted from the software and can be found at chapter 4.3 of this document.

The HAZID resulted in a total of 20 recommendations which were identified during the review. The recommendations will be incorporated in a HAZID follow-up process in order to close out any open items.

2 HAZID Objective and Methodology

The objective of a HAZID study is to systematically identify and investigate new, possibly unknown safety-related aspects of process plants, which are inherent in the conceptual design of a plant. The examination is performed according to Linde standard LS 905-13. The HAZID review is a brainstorming exercise within a team, taking benefit from the previous experience of the team members. It is a structural approach guided by a list of guidewords.

The HAZID review for the Amsterdam PCC Plant was based on the following documents:

Drawing	Comment
&AE-P-FF 1001-9001_PFD PCC	Status 28.11.18
&AE-P-FF 1101-8101_PFD LCO2	Status 28.11.18
&AE-L-ZA 1001_Plot Plan_1.0	
GEMEENTE ALKMAR - BESTEMMINGSPAN BOEKELERMEER NORD	Status 04.04.13

However, any further required drawing or document was made available for the team members during the HAZID meeting.

The guidewords according to LS 905-13 Form 1 "HAZID Review – List of Guidewords" are systematically investigated, which are subdivided into following sections:

1. Environmental Hazards
2. Human Hazards
3. Process Hazards
4. Facility Hazards
5. Utility Hazards
6. Working Hazards

For a current guide word, any relevant identified hazardous scenarios were investigated regarding their consequences on people, environment, assets and reputation. Existing safeguards and further required recommendations to prevent occurrence of those scenarios or to mitigate and control the related consequences have been evaluated in the HAZID team by asking for the following:

- What are the consequences or effects which might result from the respective hazardous scenario?
- Are the available safeguards sufficient to prevent effects which are not acceptable? If not, which recommended actions are required?




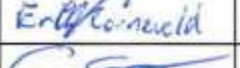






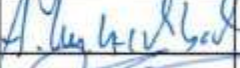



Results of the HAZID study are provided as "Recommendation" and "Worksheet" lists (refer to Chapter 4). The recommendations require review and appropriate action to follow-up and close out. The close out of the recommendations is subject of the further engineering during the execution of the basic and detail engineering phases of the project.

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

3 HAZID Organisation

The HAZID was carried out on the 30th of January 2019 at HVC offices in Alkmaar / Netherlands. The HAZID was attended by representatives from HVC, Linde Gas and Linde Engineering. The signed list of HAZOP participants according to Linde Standard LS 905-13

3710A04N / Alkmaar CO2:

Name	Company	Department	Expertise	30.01.2019
Jan Peter Born	HVC		Manager business development HVC	
Bas Kessel	HVC		Project Manager HVC	
Richard de Jong	HVC		Innovative Engineer	
Erik Zonneveld	HVC		Chemical Engineer	
Eddy Oosterveld	HVC		Process Operator	
Sjors over de Vest	HVC		Technician E&I	
Bart de Visser	HVC		Plant Engineer BEC	
^{Northhorn} Asa Northorn	K&B		Permit Specialist	
Karsten Chromik	LE	PP	HAZID Leader	
Roman Nyderle	LE	XM	Project Manager LE	
Gerald Wendsche	LE	PP	Plant Safety	
Annett Kutzschbach	LE	PD	Process Engineering	
Ralf Tatschke	LE	PD	Process Engineering	
Michel Berkhout	LG		Project Manager LG	

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

4 Results

4.1 Abbreviations

HVC HVC Group

LG Linde Gas

LE Linde Engineering

PPE Personal Protective Equipment

MSDS Material Safety Data Sheet

UPS Uninterrupted Power Supply

HVAC Heating, Ventilation and Air Conditioning

THC Total Hydrocarbon Content

B.L. Battery Limit

PSV Pressure Safety Valve

ROC Remote Operation Control

IT Information Technology

4.2 Recommendations

Recommendations	Place(s) Used	Responsibility	Category
1. consider the installation of wind shields to canalise the wind	Consequences: 1.3.1.3.1	LE	CR
2. provide previous results of wind analysis to Linde	Consequences: 1.3.1.3.1	HVC	CR
3. perform an assessment to define to what sewer system the surface water shall be routed	Consequences: 1.6.1.1.1	LE/HVC	CR
4. confirm that this safety distance is sufficient to exclude external fire scenario to PSV design on CO2 plant	Consequences: 2.1.1.1.1	HVC	CR
5. consider how to hand over signals from the fire detection system to HVC	Consequences:	HVC/LG	CR

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Recommendations	Place(s) Used	Responsibility	Category
	2.1.1.1.1		
6. develop an logistic concept considering the wood storage and the CO2 plant	Consequences: 2.2.1.1.1	HVC	CR
7. provide the traffic intensity of the CO2 plant	Consequences: 2.2.1.1.1	LG	CR
8. provide underground plans to Linde	Consequences: 2.3.1.1.1	HVC	CR
9. define integration of the gas detection system of the CO2 plant into the overall fire and gas detection and mitigation system of the HVC property	Consequences: 3.1.1.1.1	LG/HVC	CR
10. provide quantity to HVC	Consequences: 3.4.1.1.1	LE-PD	CR
11. provide quantity and composition to HVC	Consequences: 3.4.1.2.1, 3.4.1.3.1	LE-PD	CR
12. provide material specification of B.L. at HVC side	Consequences: 3.12.1.1.1	HVC	CR
13. provide allowable noise limits to Linde	Consequences: 3.14.1.1.1	HVC	CR
14. provide preliminary noise emissions from equipment of the CO2 plant to HVC	Consequences: 3.14.1.1.1	LE-PP	CR
15. provide soil report of the plant area to Linde	Consequences: 4.1.1.1.1	HVC	CR
16. discuss fire fighting concept with fire brigade of HVC	Consequences: 5.1.1.1.1	LG/LE	CR
17. discuss fire fighting concept with insurance company of HVC	Consequences: 5.1.1.1.1	HVC	CR
18. investigate electric infrastructure internally at HVC to develop a concept of connecting and operating the CO2 plant	Consequences: 5.4.1.1.1	HVC	CR
19. align the emergency preparations of the CO2 plan to the overall emergency response plan of HVC	Consequences: 6.10.1.1.1	LG/HVC	CR
20. hand over the authority requirements of measurements of the treated flue gas	Consequences: 3.2.1.1.1	HVC	CR

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

4.3 Worksheet

Guideword Section: 1. Environmental Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
1. High Ambient Temperatures	1. high ambient temperatures due to sun radiation	1. decrease of air cooler performance	1. ambient temperatures according basis of design is considered			
		2. evaporation of liquid CO2 as boil off gas	1. tanks are insulated, boil off gas is feed back to the CO2 compressor			
2. Low Ambient Temperatures	1. low ambient temperatures lead to freezing out of water filled pipelines	1. damage of pipelines, loss of containment	1. water filled pipelines will be equipped with heat tracing (smaller than DN80)			
			2. for short down times the water is kept circulating			
			3. for longer down times, systems have to be drained			
	2. low ambient temperatures lead to crystallization of amine	1. blocking of amine pipelines	1. amine pipelines are equipped with heat tracing (smaller than DN80 as well as dead ends)			
		2. amine storage tank is equipped with internal heaters				
		3. all amine pipelines are insulated				
3. Extreme Wind	1. storms	1. injury of operators, damage of equipment	1. wind speed according basis of design is considered especially at insulation of equipment			
	2. open storage of ash	1. high dust content during	1. housekeeping and			

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 1. Environmental Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
	from power stations (south of the plot)	extreme wind conditions, fouling of air condensers	maintenance of the air coolers			
	3. wind from north direction	1. interfering of aerodynamics of air coolers, lower cooling capacity	1. none	2. provide previous results of wind analysis to Linde	HVC	CR
				1. consider the installation of wind shields to canalise the wind	LE	CR
4. Thunderstorm	1. lightning	1. ignition of hazardous atmospheres, damage of equipment	1. earthing of structures and equipment			
		2. injury of operators	1. safe work procedure			
5. Fog	1. bad visibility in the plant	1. potential of injury of operators	1. proper lighting of the plant			
6. Heavy Rain	1. flooding of the plant	1. damage of equipment, harm to environment	1. sewer systems for rain and internal water available at HVC facility, CO2 plant is erected on concrete paving, rain water is routed to a collecting pit for analysis before routing to the sewer system	3. perform an assessment to define to what sewer system the surface water shall be routed	LE/HVC	CR
7. Extreme Marine Conditions	1. spring tides, flooding of the plant with sea water	1. damage of equipment (elevation is 5m below sea level)	1. shut down of the plant			
	2. corrosive atmosphere due to salt water	1. increased corrosion at equipment and piping	1. proper material selection for equipment and piping			
8. Seismic Events	1. no issue for this plant					
9. Soil Erosion	1. no issue for this plant					

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 1. Environmental Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
10. Specific Ground Structure	1. no issue for this plant					
11. Flora / Fauna	1. rats are present at the facility	1. potential for damage to electrical equipment	1. good engineering practice (avoid openings at electrical cabinets)			
12. Miscellaneous						

Guideword Section: 2. Human Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
1. Adjacent Facilities	1. fire at wood storage, next to CO2 plant	1. damage to equipment	1. fire and gas detection system at the plant	4. confirm that this safety distance is sufficient to exclude external fire scenario to PSV design on CO2 plant	HVC	CR
			2. safety relief valve installed at the CO2 storage for thermal expansion	5. consider how to hand over signals from the fire detection system to HVC	HVC/LG	CR
			3. safety distance between the wood storage and the CO2 plant is app. 10-15m			
	2. gas storage near by	1. formation of an explosion hazardous atmosphere in case of loss of containment	1. CO2 plant is outside of the radius of the hazardous area			
2. Adjacent Traffic Routes	1. high traffic density at the east side of the CO2 plant	1. potential for traffic accidents and interfering with logistics of the wood storage	1. none	7. provide the traffic intensity of the CO2 plant	LG	CR
				6. develop an logistic concept considering the	HVC	CR

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 2. Human Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
				wood storage and the CO2 plant		
3. Adjacent Supply Routes	1. underground cabling in the south of the CO2 plant	1. potential damage of the cables during construction	1. none	8. provide underground plans to Linde	HVC	CR
	2. wood conveyer belt crosses the north west corner of the CO2 plant	1. no safety consequence identified				
4. Adjacent Land Use	1. no issue for this plant					
5. Adjacent Population Center	1. no issue for this plant					
6. Adjacent Human Activities	1. no issue for this plant					
7. Security Hazards	1. entering of 3rd parties	1. potential for damage of equipment, sabotage	1. CO2 plant is fenced			
	2. cyber attack on remote operated plant	1. potential for damage of equipment, sabotage	1. connection to ROC center is protected by IT measures			
8. Social / Political Unrest	1. no issue for this plant					
9. Miscellaneous						

Guideword Section: 3. Process Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
1. Accidental Gaseous Releases	1. release of ammonia from the refrigerant system	1. formation of a toxic hazardous atmosphere	1. gas detection and alarming system	9. define integration of the gas detection system of the CO2 plant into the overall fire and gas detection and mitigation system of the HVC property	LG/HVC	CR
			2. HVAC system design of the machine house			
			3. PPE			

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 3. Process Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
		2. formation of an explosion hazardous atmosphere	1. gas detection and alarming system 2. explosion protection concept			
		3. process upset				
	2. release of CO2	1. potential for injury of operators	1. gas detection and alarming system			
	3. release of steam	1. potential for injury of operators (burns), damage of equipment	1. insulation of steam pipelines			
2. Intended Gaseous Releases	1. release of treated flue gas at the top of the absorber	1. release of treated flue gas contaminated with ammonia/amine	1. none (ammonia)	20. hand over the authority requirements of measurements of the treated flue gas	HVC	CR
			2. design of absorber (wash section) to minimize amine emissions			
			3. THC (incl. amine) measurement in treated flue gas			
	2. release of CO2 during start up and shut down of the compressor	1. potential for injury of operators	1. CO2 is routed to a safe location			
3. release of regeneration gas (hot gas)	1. potential for injury of operators	1. regeneration gas is routed to a safe location				
4. boil off CO2 from the CO2 storage tanks during shut down periods	1. potential for injury of operators	1. CO2 is routed to a safe location				
3. Accidental Liquid Releases	1. release of amine	1. contamination of soil and water	1. CO2 plant is erected in a curbed area to retain liquids			
	2. release of liquid CO2	1. potential for injury of operators (asphyxiation and cold burns)	1. gas detection and alarming system			
2. PPE						

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 3. Process Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
	3. release of caustic soda	1. potential for injury of operators	1. secondary containment below tank 2. PPE			
	4. release of liquid ammonia	1. forming of a hazardous atmosphere above the liquid surface	1. PPE 2. gas detection and alarming system 3. explosion protection concept			
	5. release of lubrication oil	1. contamination of soil	1. secondary containments for lubrication oil			
4. Intended Liquid Releases	1. release of flue gas condensate	1. release of condensate to environment	1. flue gas condensate is routed to B.L.	10. provide quantity to HVC	LE-PD	CR
	2. release of process condensate (from the scrubber)	1. release of process condensate (contaminated with amine and ammonia) to the environment	1. hand over the release stream to B.L. for further processing/treatment	11. provide quantity and composition to HVC	LE-PD	CR
	3. release of liquid from stripper/condenser during start up and shut down	1. release of process condensate (contaminated with amine and ammonia) to the environment	1. hand over the release stream to B.L. for further processing/treatment	11. provide quantity and composition to HVC	LE-PD	CR
5. Formation of Flammable Mixtures	1. no issue for this plant					
6. Solid Disposal / Releases	1. adsorber beds (silica gel)	1. contamination of environment	1. disposed by 3rd party capable of handling this type of solids			
	2. activated carbon	1. contamination of environment	1. disposed by 3rd party capable of handling this type of solids			
	3. content of filters	1. contamination of environment	1. disposed by 3rd party capable of handling this type of solids			

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 3. Process Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
7. Internal Leakages	1. untight heat exchangers	1. overpressure in low pressure systems	1. pressure and temperature safeguarding concept			
8. Blockages	1. blockage of the fine oil filter behind the CO2 compressor	1. process upset (shut down of the plant)				
9. Overpressure	1. overpressure e.g. due to thermal expansion	1. damage of equipment and loss of containment	1. pressure and temperature safeguarding concept			
10. Uncontrolled Reaction	1. no issue for this plant					
11. Impurities	1. changing composition of the flue gas	1. process upset (off spec product)				
12. Material Incompatibilities	1. different materials at the flue gas B.L.	1. potential for corrosion problems	1. none	12. provide material specification of B.L. at HVC side	HVC	CR
13. Ignition Sources	1. no issue for this plant					
14. Noise / Vibrations	1. noise emission from the CO2 plant (e.g. traffic, machines)	1. potential of exceeding noise limits of the HVC site	1. compressor building	13. provide allowable noise limits to Linde	HVC	CR
				14. provide preliminary noise emissions from equipment of the CO2 plant to HVC	LE-PP	CR
	2. heavy vibrations at machinery (compressor)	1. damage of equipment, loss of containment	1. vendor design (vibration measurement and control)			
15. Miscellaneous	1. loading of liquid CO2	1. injury of operators	1. loading operation is done automatically after connection of the hose			

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 3. Process Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
			2. earthing of the truck 3. operating procedures 4. PPE			

Guideword Section: 4. Facility Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
1. Plant Layout	1. contaminated soil	1. soil replacement and soil cleaning before construction of the CO2 plant can start	1. none	15. provide soil report of the plant area to Linde	HVC	CR
2. Storage of Hazardous Materials	1. to small separation distances	1. risk of escalation of hazardous events	1. good engineering practice (follow regulations)			
3. Solid Disposal	1. no additional hazards identified					
4. Liquid Disposal	1. no additional hazards identified					
5. Coldbox Hazards	1. no issue for this plant					
6. Dropped Object / Swinging Loads	1. crane operation during maintenance	1. potential of injury of operators	1. work permit system 2. safe work procedures			
7. Structural Failure	1. no issue for this plant					
8. Tank Failure	1. no additional hazards identified					
9. Rotating Equipment Damage	1. flying debris	1. potential for injury of operators	1. coverings at rotating parts of machinery 2. vendor design (vibration measurement and control)			
10. Stability / Buoyancy	1. no issue for this plant					
11. Miscellaneous						

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 5. Utility Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
1. Fire Protection	1. fire at the CO2 plant	1. damage of equipment	1. fire fighting concept	16. discuss fire fighting concept with fire brigade of HVC	LG/LE	CR
				17. discuss fire fighting concept with insurance company of HVC	HVC	CR
2. Fuel Utilities	1. no issue for this plant					
3. Heat Transfer	1. failure of the electrical heater	1. potential for exceeding design temperature	1. pressure and temperature safeguarding concept			
		2. potential for decomposition/degradation of the amine, process upset	1. pressure and temperature safeguarding concept			
	2. heat up of ammonia refrigerant cycle	1. thermal expansion of ammonia, potential for exceeding design pressure	1. installation of safety valve designed for thermal expansion			
4. Power Supply	1. failure of power supply	1. damage of equipment, loss of containment	1. process control is equipped with an UPS system (battery system)	18. investigate electric infrastructure internally at HVC to develop a concept of connecting and operating the CO2 plant	HVC	CR
			2. valves go in a safe position			
5. Inert Gas	1. no issue for this plant					
6. Instrument Air	1. failure of instrument air supply	1. control valves are not in operation	1. valves go in a safe position			
7. HVAC	1. failure of HVAC system of machine house	1. overheating of compressor	1. pressure and temperature safeguarding concept			

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 5. Utility Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
		2. potential for formation of a hazardous atmosphere	1. gas detection and alarming system			
8. Miscellaneous	1. failure of steam supply	1. process upset	1. back up steam system available at HVC internal			

Guideword Section: 6. Working Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
1. Disease	1. high legionella concentration at the emergency showers and eye washers	1. injury of operators	1. regular flushing of emergency showers and eye washers according to working procedures 2. regular testing of legionella concentration by HVC			
2. Handling / Storage of Material	1. contact with hazardous materials	1. injury of operators	1. PPE according MSDS 2. working procedures 3. training of operators			
3. Confined Space Entry	1. operators enters confines spaces containing hazardous atmospheres	1. injury of operators, fatalities	1. work permit system 2. safe work procedures 3. training of operators			
4. Working at Height	1. falling down	1. injury of operators	1. work permit system 2. safe work procedures 3. training of operators			
5. Hot Work	1. hot surfaces, burns	1. injury of operators	1. work permit system 2. safe work procedures 3. training of operators			
6. Working in Water	1. no issue for this plant					

Linde Project No: 3710 A04N	Linde Issue	Client Project No: ---	Client Rev.
Linde Doc No: &AE-S-RX 1010 (EN)	01	Client Doc No: ---	--

Guideword Section: 6. Working Hazards

Guideword	Hazard	Consequence	Safeguard	Recommendation	Resp.	Cat.
7. Working at Night	1. bad visibility in the plant	1. potential of injury of operators	1. proper lighting of the plant			
8. Use of Heavy Machinery	1. no additional hazards identified					
9. Contact with Equipment	1. contact with hot surfaces	1. injury of operators	1. insulation of hot surfaces (personal protection insulation) 2. PPE			
	2. contact with cold surfaces	1. injury of operators	1. insulation of hot surfaces (personal protection insulation) 2. PPE			
10. Emergency	1. unclear emergency procedures	1. injury of operators	1. preparation of emergency procedures and escape route drawings for the CO2 plant	19. align the emergency preparations of the CO2 plan to the overall emergency response plan of HVC	LG/HVC	CR
11. Simultaneous Operations	1. no proper coordination of simultaneous activities	1. potential for injury of operators and contractors	1. work permit system 2. safe work procedures			
12. Onsite Traffic	1. slippery roads due to cold ambient conditions	1. potential of accidents	1. increased housekeeping during winter times according to working procedures			
13. Miscellaneous						

Brzo toets HVC - CO2 afvang

Tabel 1 Drempelwaarden voor categorie 1 en 2 stoffen en voor met name genoemde stoffen zoals genoemd in deel I, bijlage I, Seveso III richtlijn. Voor zover aanwezig bij HVC zijn deze stoffen/H-zinnen dikgedrukt.

Gevarencategorie	H-zinnen die hierbij van toepassing zijn	Drempelwaarde		Maximaal vergunde/aangevraagde hoeveelheid (ton)	Overschrijdingsfactor		Gevaar
		laag (ton)	hoog (ton)		laag (ton)	hoog (ton)	
Deel I, bijlage I, Seveso III (gevarencategorie)							
H1 Acuut toxisch categorie 1 (alle blootstelling)	H300, H310, H330	5	20	150 kg (3% gewicht van 5 ton)			Gezondheid
H2 Acuut toxisch categorie 2 (alle blootstelling) en 3 (inademing)	H300, H301, H310, H311, H330, H331	50	200				Gezondheid
H3 Specifieke doelorgaan toxiciteit - eenmalige blootstelling (STOT SE categorie 1)	H370, H371, H335 , H336	50	200				Gezondheid
P1a Ontpofbare stoffen (instabiel, subklassen 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 of 1.6, of methode A14)	H200, H201, H202, H203, H205	10	50				Fysisch
P1b Ontpofbare stoffen (subklasse 1.4)	H204	50	200				Fysisch
P2 Ontvlambare gassen (categorie 1 of 2)	H220, H221	10	50				Fysisch
P3a Ontvlambare aerosolen (categorie 1 of 2, die ontvlambare gassen 1/2 of ontvlambare vloeistoffen 1 bevatten)	H222, H223	150 (netto)	500 (netto)				Fysisch
P3b Ontvlambare aerosolen (categorie 1 of 2 die geen van bovenstaande bevatten)	H222, H223	5.000 (netto)	50.000 (netto)				Fysisch
P4 Oxiderende gassen categorie 1	H270	50	200				Fysisch
P5a Ontvlambare vloeistoffen categorie 1, 2 of 3 (gehouden bij temp hoger dan kookpunt) en vlammpunt ≤60, gehouden bij hoger dan kookpunt)	H224, H225, H226	10	50				Fysisch
P5b Ontvlambare vloeistoffen categorie 2 of 3 of vlammpunt ≤60, waarbij bijzondere procescondities, zoals hoge druk of temperatuur, een zwaar ongeval kunnen veroorzaken	H225 H226	50	200				Fysisch
P5c Ontvlambare vloeistoffen categorie 2,3 (niet P5a, P5b)	H225 H226	5.000	50.000				Fysisch
P6a Zelfontledende stoffen + organische peroxiden (type A en B)	H240, H241	10	50				Fysisch
P6b Zelfontledende stoffen + organische peroxiden (type C, D, E of F)	H242	50	200				Fysisch
P7 Pyrofore vloeistoffen en vaste stoffen categorie 1	H250	50	200				Fysisch
P8 Oxiderende vloeistoffen en vaste stoffen categorie 1, 2 of 3	H271, H272	50	200				Fysisch
E1 Gevaar voor aquatisch milieu categorie acuut 1 of chronisch 1	H400, H410	100	200				Gezondheid
E2 Gevaar voor aquatisch milieu categorie chronisch 2	H411	200	500				Gezondheid
O1 Stoffen of mengsels met gevarenaanduiding EUH014 (reageert heftig met water)	EUH014	100	500	Fysisch			
O2 Stoffen en mengsels die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen categorie 1	H260	100	500	Fysisch			
O3 Stoffen en mengsels met gevarenaanduiding EUH029 (vormt giftig gas in contact met water)	EUH029	50	200	Gezondheid			
Deel 2, bijlage I, Seveso III (met name genoemde stoffen)*							
Watervrije ammoniak	H221, H331, H400	50	200	2 ton	Geen	Geen	Gezondheid, Fysisch, Milieu

* De lijst van met name genoemde stoffen is lang. Daarom is alleen een met name genoemde stof opgenomen waarvan bekend is dat deze aanwezig is bij HVC.

Tabel 2 Gevaarlijke stoffen die aanwezig zijn bij HVC, met de hierop van toepassing zijnde H-zinnen. Stoffen waarop een H-zin van toepassing is die wordt genoemd in tabel 1 en waarvoor dus een drempelwaarde geldt, zijn dikgedrukt.

Gevaarlijke stoffen die bij HVC aanwezig zijn i.v.m. de CO2 afvanginstallatie		H-zinnen die van toepassing zijn	Hoeveelheid	Overschrijding drempelwaarde?
Amine-oplossing	Triethyleendiamine en piperazine	H334 (inademing cat 1), H317 (huid cat 1), H361fd (voortplanting cat 2), H314 (huid cat 1a, 1b, 1c)	89 ton	NVT, geen drempelwaarde benoemd in Seveso
Watervrije ammoniak	Ammoniak NH₃	H221 (ontvlambare gassen, cat. 2), H280 (gassen onder druk), H314 (huidcorrosie/irritatie, cat. 1A, 1B en 1C), H331 (acute toxiciteit bij inademing, cat. 3), H400 (acuut gevaar voor het aquatisch milieu, cat. 1)	2 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
Natronloog	Natriumhydroxide NaOH, 50% gewichtoplossing	H290 (bijtend voor metalen), H314 (huidcorrosie/irritatie cat. 1a, 1b, 1c)	1 m ³	NVT, geen drempelwaarde benoemd in Seveso
Vloeibaar koolstofdioxide	CO ₂ (gekoeld en onder druk)	H280 (gas onder druk, ontplofbaar bij verwarming)	1500 ton	NVT, geen drempelwaarde benoemd in Seveso
Anti schuimmiddel	Polysiloxanen mengsel	Geen	200 kg	NVT, geen drempelwaarde benoemd in Seveso
Kaliumcarbonaat	K₂CO₃, 3% gewichtoplossing	H315 (huidcorrosie/irritatie, cat. 2), H319 (ernstig oogletsel/oogirritatie, cat. 2A), H335 (Specifieke doelorgaan toxiciteit bij eenmalige blootstelling, cat. 3)	5 ton --> 3% * 5 ton = 150 kg K₂CO₃	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
Actief kool	Koolstof C	Geen	3,4 ton	NVT, geen drempelwaarde benoemd in Seveso
Silica gel	Amorf siliciumdi oxide (SiO ₂)	Geen	2,6 ton	NVT, geen drempelwaarde benoemd in Seveso

Gevaarlijke stoffen die al bij HVC aanwezig zijn in de huidige vergunde situatie, zonder de CO2 afvanginstallatie**	Hoeveelheid	Drempelwaarde	Overschrijding drempelwaarde?
Natriumsulfide oplossing 13%	7,94 ton	100 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
Natriumsulfide vaste stof	76 kg	100 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
Acetyleen 100%	9,90 kg	5 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
Zuurstof 100%	195 kg	200 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
Propaan (LPG in tank) 100%	73,5 kg	50 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde
P3 Oxonia Active	50 kg	50 ton	Blijft ruim beneden de lage drempelwaarde

** Toetsing al eerder uitgevoerd en niet van belang in het kader van de CO2 afvanginstallatie. Daarom hier geen uitgebreid overzicht van H-zinnen opgenomen.



Adviesgroep AVIV BV
Wethouder Beversstraat 185
7543 BK Enschede

Risicoanalyse / Risico analyse CO2- afvang, op- en overslag te Alkmaar

Project 204268
Datum 8 oktober 2020

Risicoanalyse / Risico analyse CO2-afvang, op- en overslag te Alkmaar

Project 204268

Datum 8 oktober 2020

Auteur(s) ing. A.M. op den Dries
Review ir. J. Heitink
Versie nr. 1.1

Opdrachtgever N.V. HVC [Energie uit afval]
t.a.v. J. Born
Postbus 9199
1800 GD Alkmaar

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Beschrijving van de inrichting	5
3 Ongevalsscenario's	7
3.1 Bovengrondse tanks	7
3.2 Afvoer met tankauto	7
3.3 Compressor	9
3.4 Ammoniakkoelinstallatie	9
3.5 Overige parameters	9
3.6 Omgeving	10
4 Risico	12
4.1 Plaatsgebonden risico	12
4.2 Groepsrisico	14
4.3 Effectafstanden	15
5 Conclusie	16
Referenties	17

1 Inleiding

HVC is voornemens een CO₂ afvang installatie te plaatsen bij de rookgasinstallatie. Het CO₂ wordt gekoeld tot het vloeibaar is en met tankauto's afgevoerd. Het afkoelen van het gas gebeurt met een ammoniakkoelinstallatie. HVC zal daarmee onder het Bevi vallen. Hoewel CO₂ kan worden gekwalificeerd als gevaarlijke stof, leidt ook de afvang en opslag van CO₂ niet tot aanwijzing in het kader van de Bevi / Brzo 2015. Voor de opslag van vloeibare CO₂ zijn drie tanks voorzien van ieder 535 ton. Opslag van CO₂ heeft de publieke aandacht. Om op dit onderdeel zo zorgvuldig mogelijk te handelen, wordt aandacht besteed aan de externe veiligheidsrisico's door het uitvoeren van een risico-analyse. Voor zover relevant wordt het gehele CO₂-afvang proces vanaf rookgas-leiding naar de CO₂-installatie tot en met de afvoer van vloeibare afgevangen CO₂ met tankauto's meegenomen.

In hoofdstuk 2 worden de kenmerken van de inrichting globaal aangeduid. Het betreft een korte beschrijving van de gevaarlijke activiteiten en de aard van de gevaarlijke stoffen. In hoofdstuk 3 worden de ongevalsscenario's gedefinieerd. Tevens wordt de berekeningswijze van het extern veiligheidsrisico toegelicht. Het resultaat van de risicoberekening wordt getoond in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 tenslotte bevat de conclusies.

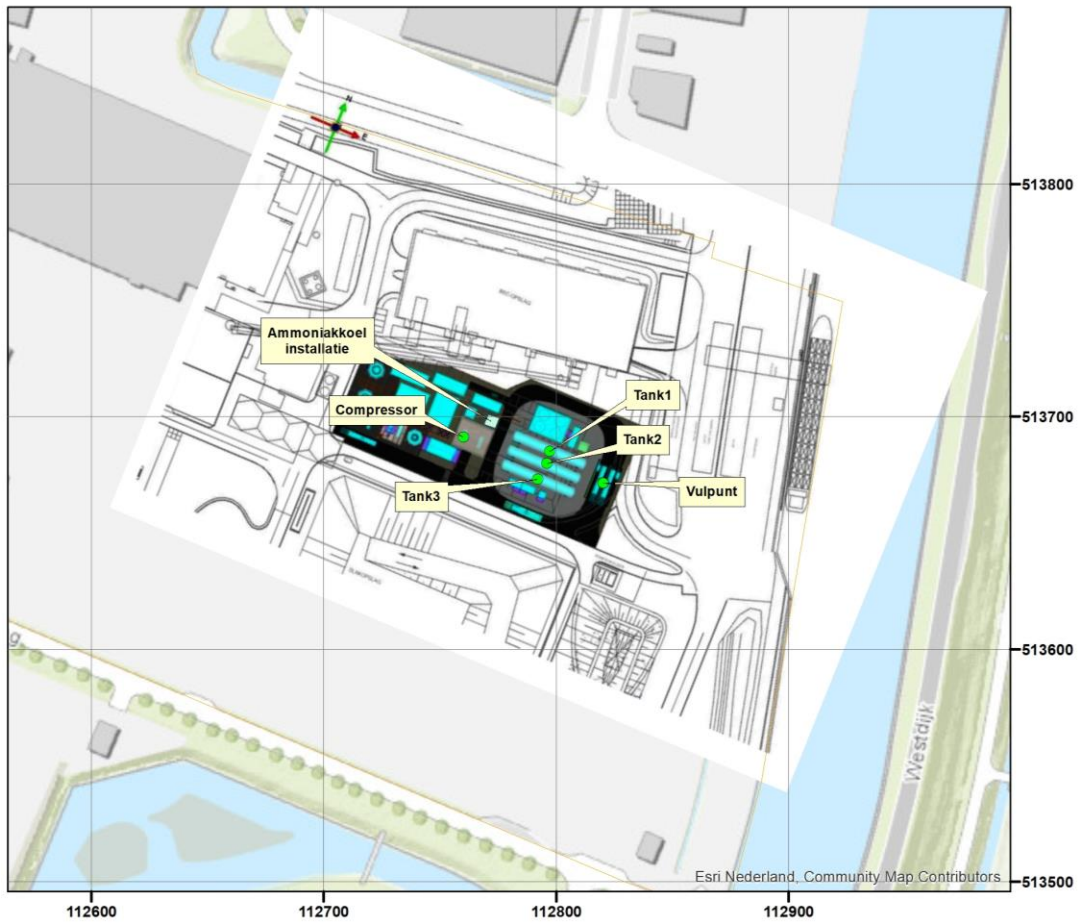
2 Beschrijving van de inrichting

De risicodragende activiteiten van de inrichting zijn de opslag van vloeibaar kooldioxide in drie bovengrondse tanks, de afvoer van vloeibaar kooldioxide door tankauto's en het koelen van kooldioxide met een ammoniakkoelinstallatie.

Er zijn meerdere installaties met kooldioxide onder lage druk, deze dragen niet bij aan het risico buiten de inrichting. Uit berekeningen blijkt dat de grootste opslag, een vat van 4 m³ met werktemperatuur 30°C en atmosferische druk een 1% letaliteitsafstand heeft van circa 50 meter. Deze installaties liggen meer dan 130 meter van de dichtstbijzijnde bebouwing waardoor deze niet bijdragen aan het risico buiten de inrichtingsgrens en niet verder zijn uitgewerkt in de QRA.

De ammoniakkoelinstallatie is categoriaal zodat de risicoafstand van deze installatie bepaald moet worden uit het Revi indien er geen andere installaties met gevaarlijke stoffen zijn. De maximale werktemperatuur van de installatie is -27°C en het afscheidervat en vloeistofvat zijn buiten opgesteld. De maximale inhoud van deze installatie is 2000 kg. De leiding tussen de pomp en de verdamper heeft een diameter < DN 80. Uit het Revi blijkt dat er geen invloedsgebied is voor dergelijke ammoniakkoelinstallaties. Uit berekeningen blijkt dat een dergelijke installatie een 1% letaliteitsafstand heeft van circa 120 meter. Deze installatie ligt meer dan 140 meter van de inrichtingsgrens waardoor deze niet bijdraagt aan het risico buiten de inrichtingsgrens en niet verder zijn uitgewerkt in de QRA.

Figuur 1 toont het bedrijfsterrein met de positie van de kooldioxide op- en overslag en de ammoniakkoelinstallatie.



Figuur 1. Bedrijfsterrein met de positie van de risicodragende activiteiten

3 Ongevalsscenario's

3.1 Bovengrondse tanks

Er worden drie bovengrondse tanks geplaatst met elk een inhoud van 534 ton kooldioxide. Het kooldioxide wordt gekoeld opgeslagen bij -28°C en 18.2 bar(g).

Bij het vrijkomen van product wordt dit opgevangen in de betreffende tankput. Hierdoor wordt het oppervlak, waarover het vrijgekomen product kan uitstromen, aanzienlijk beperkt. Conform HRB wordt voor het scenario 'instantaan falen van een opslagtank' een verspreidingsoppervlakte van 1,5 x de netto tankputoppervlakte gehanteerd. De tankput heeft een oppervlak 700 m² groot en is 3 m hoog. Tabel 2 toont de ongevalsscenario's uitgewerkt per opslagtank.

Faalwijze	Frequentie	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	5.0 10 ⁻⁷ /jr	534 ton	Maximale inhoud
Continu 10 min	5.0 10 ⁻⁷ /jr	890 kg/s	Maximale inhoud, duur 600 s
Continu 10 mm	1.0 10 ⁻⁵ /jr	3.2 kg/s	Vloeistof 10 mm gat, duur 1800 s

Tabel 1. Ongevalsscenario's bovengrondse opslagtanks

3.2 Afvoer met tankauto

De kooldioxide wordt afgevoerd per tankauto. Een tankauto bevat 30 ton. Het aantal lossingen is 4383 per jaar. De doorzet is 131490 ton per jaar. Aflevering vindt plaats met pomp door een 2" slang. De verblijftijd is circa 1.5 uur per tankauto, zodat er jaarlijks circa 6574.5 uur een tankauto op de losplaats aanwezig (dit is 75% van het jaar). De daadwerkelijke verlading is 45 minuten per tankauto. De aflevertijd is dan 3287.25 uur per jaar. Tabel 2 toont de initiële faalfrequentie voor de verlading vanuit een tankauto zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1]. De faalfrequenties in tabel 2 zijn inclusief het falen van de pomp.

Faalwijze	Frequentie
Instantaan	1.0 10 ⁻⁵ /jr
Continu grootste aansluiting	5.0 10 ⁻⁷ /jr
Losslang breuk	4.0 10 ⁻⁶ /uur
Losslang lekkage	4.0 10 ⁻⁵ /uur

Tabel 2. Initiële faalfrequentie verlading naar een tankauto

Bij breuk van de laadslang is ingrijpen door de chauffeur van de tankauto gemodelleerd. In de Handleiding risicoberekeningen Bevi is voorgeschreven dat, mits voldaan wordt aan een

aantal voorwaarden, de kans op succes van dit inbloksysteem gelijk is aan 0.9 met een insluitijd van 2 min. De volgende voorwaarden zijn geformuleerd:

- De ter plaatse aanwezige operator heeft van het begin tot en met het einde van de verlading zicht op de verlading en de laad-/loslang of -arm. In het bijzonder zit de operator tijdens de verlading niet in de cabine van de tankwagen of binnen in een gebouw.
- Het ter plaatse aanwezig zijn van de operator wordt geborgd door een voorziening zoals een dodemansknop of door een procedure in het veiligheidsbeheerssysteem en wordt tijdens inspecties gecontroleerd.
- Het inschakelen van de noodstopvoorziening door de aanwezige operator in het geval van een lekkage tijdens de verlading is vastgelegd in een procedure.
- De ter plaatse aanwezige operator is voldoende opgeleid en is tevens bekend met de geldende procedures.
- De noodstopvoorziening is volgens geldende normen gepositioneerd, zodanig dat er in korte tijd ongeacht de uitstroomrichting een noodknop bediend kan worden.

De verlading bij HVC voldoet aan deze voorwaarden. Er wordt aangenomen dat een terugslagklep is geplaatst tussen de verladingspomp en de tankauto.

Tabel 3 toont de ongevalsscenario's uitgewerkt voor deze inrichting.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	0.75 (tijdsfractie aanwezig) x 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	0.75 (tijdsfractie aanwezig) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Breuk loslang noodstop Ok	3287.25 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.9 (kans noodstop succesvol)
Breuk loslang noodstop niet Ok terugslagklep Ok	3287.25 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.1 (kans noodstop niet succesvol) x 0.94 (kans terugslagklep succesvol)
Breuk loslang noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	3287.25 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.1 (kans noodstop niet succesvol) x 0.06 (kans terugslagklep niet succesvol)
Lekkage loslang	3287.25 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁵ (frequentie lekkage per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	7.5 10 ⁻⁶	30 ton	Maximale inhoud
Continu grootste aansluiting	3.8 10 ⁻⁷	41.2 kg/s	Vloeistof 2 inch gat, duur 728 s
Breuk loslang noodstop Ok	1.2 10 ⁻²	16.7 kg/s	Duur 120 s, pompdruk keer 1.5
Breuk loslang noodstop niet Ok terugslagklep Ok	1.2 10 ⁻³	16.7 kg/s	Duur 1800 s, pompdruk keer 1.5
Breuk loslang noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	7.9 10 ⁻⁵	57.9 kg/s	Duur 1800 s, pompdruk keer 1.5 en terugstroming uit de tankauto 41.2 kg/s
Lekkage loslang	1.3 10 ⁻¹	0.8 kg/s	Vloeistof 5 mm gat, duur 1800 s

Tabel 3. Ongevalsscenario's overslag tankauto

3.3 Compressor

De afgevangen kooldioxide wordt middels een compressor op druk gebracht voordat het gekoeld wordt opgeslagen. De compressor is continu in bedrijf gedurende 30 weken per jaar. Dit is 5040 uur per jaar (dit is 57.5% van het jaar). De leidingdiameter achter de compressor is 10 mm. Indien de compressor faalt leidt dit tot uitstroming van gekoeld kooldioxide bij 18.2 bar(g). Voor het catastrofaal falen wordt uitgegaan van $1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr en voor lek (10% diameter leiding) van $4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr voor een centrifugaal compressor. De compressor is binnen opgesteld, maar conservatief buiten gemodelleerd.

Tabel 4 toont de scenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk compressor	$1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie per jaar) x 0.575 (tijdsfractie in bedrijf)
Lek compressor	$4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie per jaar) x 0.575 (tijdsfractie in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk compressor	$5.8 \cdot 10^{-5}$	0.7 kg/s	Breuk toevoerleiding, duur 1800 s
Lek compressor	$2.5 \cdot 10^{-3}$	0.03 kg/s	Gat grootte 2.3 mm, duur 1800 s

Tabel 4. Ongevalsscenario's compressor

3.4 Ammoniakkoelinstallatie

De ammoniakkoelinstallatie is categoriaal zodat de risicoafstand van deze installatie bepaald moet worden uit het Revi indien er geen andere installaties met gevaarlijke stoffen zijn. De maximale werktemperatuur van de installatie is -27°C en het afscheidervat en vloeistofvat zijn buiten opgesteld. De maximale inhoud van deze installatie is 2000 kg. De leiding tussen de pomp en de verdampers heeft een diameter $< \text{DN } 80$. Conform het Revi is de minimale afstand tot (beperkt) kwetsbare objecten 35 m. Om te laten zien dat deze installatie niet significant bij draagt aan het plaatsgebonden risico is deze afstand getoond in paragraaf 4.1.

3.5 Overige parameters

De risicoberekening is uitgevoerd met Safeti-NL versie 8.3 en is in overeenstemming met de voorschriften van de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1]. Voor de ruwheidslengte is 0.3 m gebruikt. De meteorologische gegevens van IJmuiden zijn gebruikt.

Er zijn geen gevaren van buiten de inrichting geïdentificeerd die kunnen leiden tot het vrijkomen van gevaarlijke stoffen binnen de inrichting.

Blootstelling aan CO₂ kan gevolgen hebben voor de gezondheid. De gevolgen zijn afhankelijk van de concentratie en de tijd van blootstelling en blootstelling kan leiden tot verschijnselen als hoofdpijn, bewusteloosheid tot en met overlijden. In een QRA worden alleen letale effecten beschouwd, andere gevolgen als bewusteloosheid of stuipen zijn nu eenmaal lastig te kwantificeren. In een QRA wordt, om de gevolgen te berekenen van blootstelling aan gevaarlijke stoffen, de probitrelatie gebruikt. De probitrelatie is nodig om met Safeti-NL de gevraagde risicocontouren van de CO₂ installaties en het groepsrisico te bepalen. Voor een aantal gevaarlijke stoffen zijn de probitrelaties vastgelegd, echter niet voor CO₂. Tebodin heeft enkele jaren geleden een probitrelatie bepaald die gebruikt is in deze studie [2]. Ook zijn er Probit relaties bekend van HSE en TNO [3 en 4], deze zijn echter minder conservatief en daarom niet gebruikt in deze studie.

3.6 Omgeving

De maximale effectafstand is circa 374 m rond de bovengrondse opslagen (deze afstand is berekend door een plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-30}$ /jr, zie ook paragraaf 4.3). Figuur 2 toont het gebied begrenst door deze afstand. Voor dit gebied dient de aanwezigheid van personen te worden gemodelleerd voor de berekening van het groepsrisico.

Binnen het invloedsgebied ligt een deel van Zuidschermer en bedrijventerrein Boekelermeer Alkmaar. Voor de bestaande bebouwing rond de inrichting zijn gegevens opgevraagd met de BAG populatieservice op gebouwniveau (geraadpleegd 28 augustus 2020). Deze gebieden zijn roze gemarkeerd in figuur 2 en opgenomen in het Safeti-NL model.

Conform het Bevi is het groepsrisico van de ammoniakkoelinstallatie niet relevant. Het groepsrisico, de mogelijkheden voor rampbestrijding en de mate van zelfredzaamheid van de bevolking behoeven in dit geval niet te worden verantwoord.



Figuur 2. Gebied begrenst door de maximale effectafstand

4 Risico

4.1 Plaatsgebonden risico

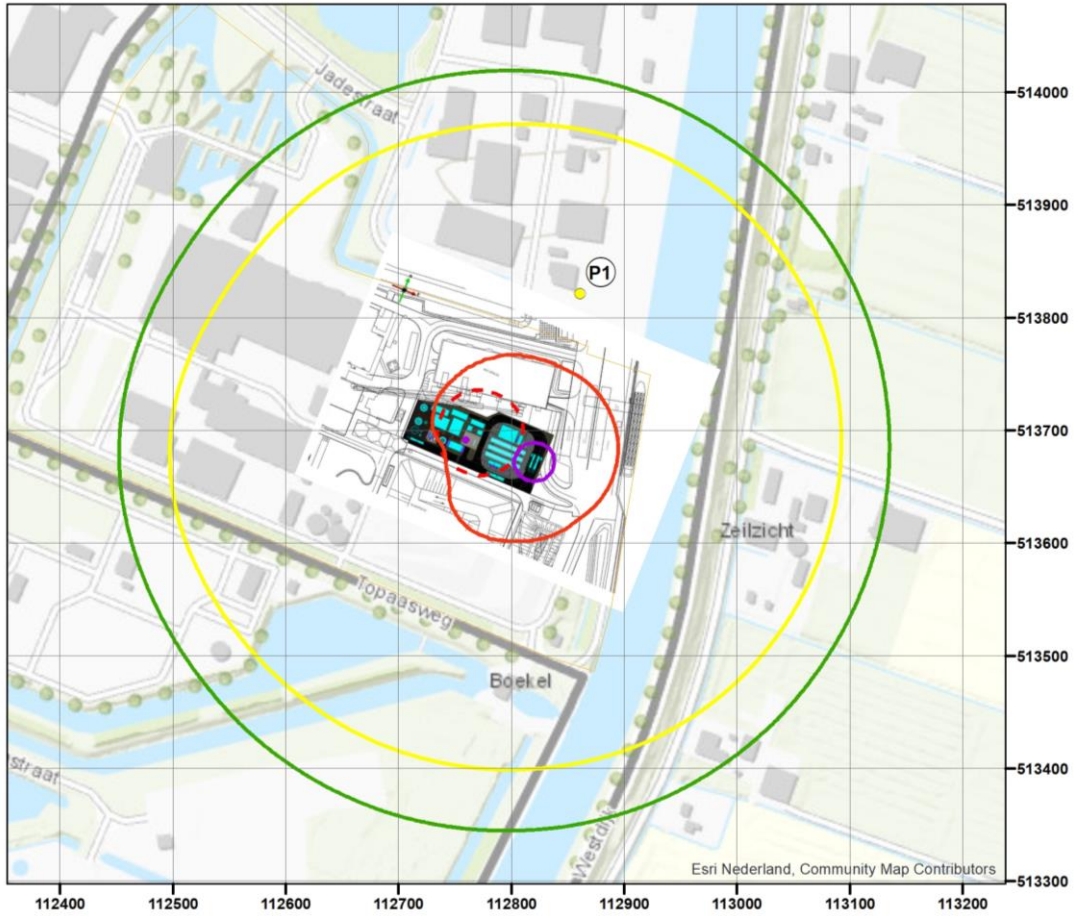
Het plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een inrichting bevindt, overlijdt door een ongeval met gevaarlijke stoffen. Plaatsen met een gelijk risico worden door risicocontouren op een kaart weergegeven. Het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr dient volgens het Bevi (Besluit externe veiligheid inrichtingen) gehanteerd te worden als grenswaarde voor kwetsbare objecten en als richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten.

Figuur 3 toont de ligging van de berekende plaatsgebonden risicocontouren. De contour van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr en de minimaal aan te houden afstand vanaf de ammoniakkoelinstallatie liggen geheel binnen het terrein van de inrichting.

De relatieve bijdrage van de ongevalsscenario's aan het plaatsgebonden risico voor het punt P1 is berekend (voor de ligging van dit punt zie figuur 3). Tabel 6 toont het resultaat.

Scenario	Bijdrage [%]
Tank1\Instantaan	35.1
Tank2\Instantaan	33.5
Tank3\Instantaan	31.3

Tabel 5. Relatieve bijdrage scenario's plaatsgebonden risico punt P1



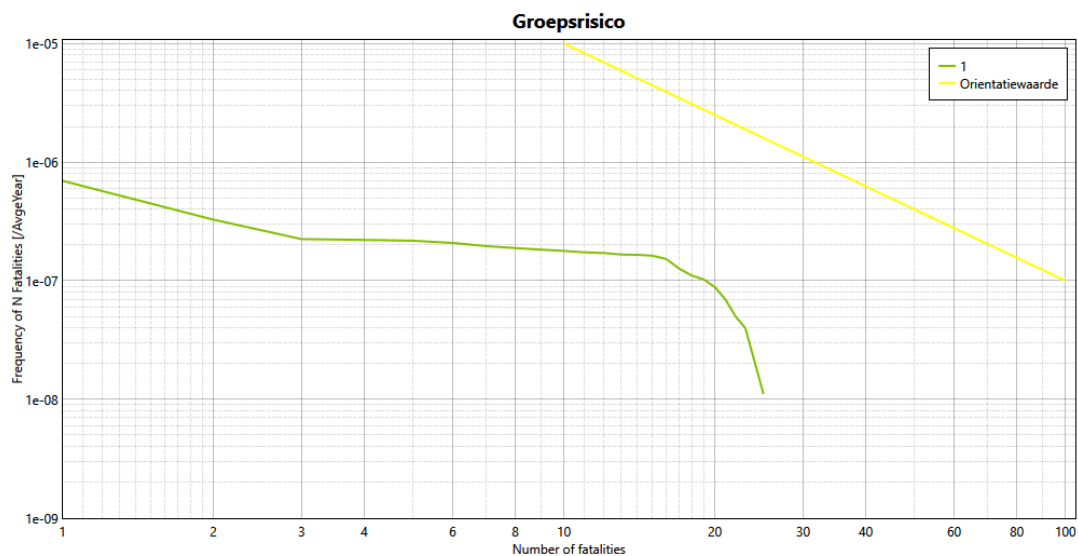
Figuur 3. Plaatsgebonden risicocontouren



4.2 Groepsrisico

Het groepsrisico geeft aan wat de kans is op een ongeval met tien of meer dodelijke slachtoffers in de omgeving van de inrichting. Het aantal personen dat in de omgeving van de inrichting verblijft, bepaalt daardoor mede de hoogte van het groepsrisico. Het groepsrisico wordt weergegeven in een zogenaamde fN-curve: op de verticale as staat de cumulatieve kans per jaar f op een ongeval met N of meer slachtoffers en op de horizontale as het aantal slachtoffers N. De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is gelijk aan $10^{-3} / N^2$, dat wil zeggen een frequentie van 10^{-5} /jr voor 10 slachtoffers, 10^{-7} /jr voor 100 slachtoffers en geldt vanaf het punt met 10 slachtoffers.

Figuur 4 toont het berekende groepsrisico. Het groepsrisico is kleiner dan de oriëntatiewaarde. Het maximaal aantal slachtoffers is circa 25. Het maximaal aantal slachtoffers wordt bepaald door het instantaan falen van de opslagtanks.



Figuur 4. Groepsrisico

4.3 Effectafstanden

Tabel 7 toont de effectafstanden voor het vrijkomen van kooldioxide.

Installatie	Scenario	D-5.0 [m]	F-1.5 [m]
Opslagtanks	Instantaan	370	374
	Continu 10 min	160	142
	Continu 10 mm	8	9
Compressor	Breuk	4	4
	Lekkage	1	1
Tankauto	Instantaan	78	58
	Continu grootste aansluiting	36	37
	Breuk losslang noodstop Ok	16	17
	Breuk losslang noodstop niet Ok terugslagklep Ok	21	23
	Breuk losslang noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	49	50
	Lekkage losslang	4	4

Tabel 6. Afstand tot 1% letaliteit

5 Conclusie

HVC is voornemens een CO₂ afvang installatie te plaatsen bij de rookgasinstallatie. Het afkoelen van het gas gebeurt met een ammoniakkoelinstallatie. HVC zal daarmee onder het Bevi vallen. In het kader van externe veiligheid is een risicoanalyse gemaakt waarbij ook de CO₂ afvang installatie is betrokken.

De plaatsgebonden risicocontour van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr valt geheel binnen de inrichting.

Het groepsrisico veroorzaakt door de CO₂ afvang installatie is kleiner dan de oriëntatiewaarde.

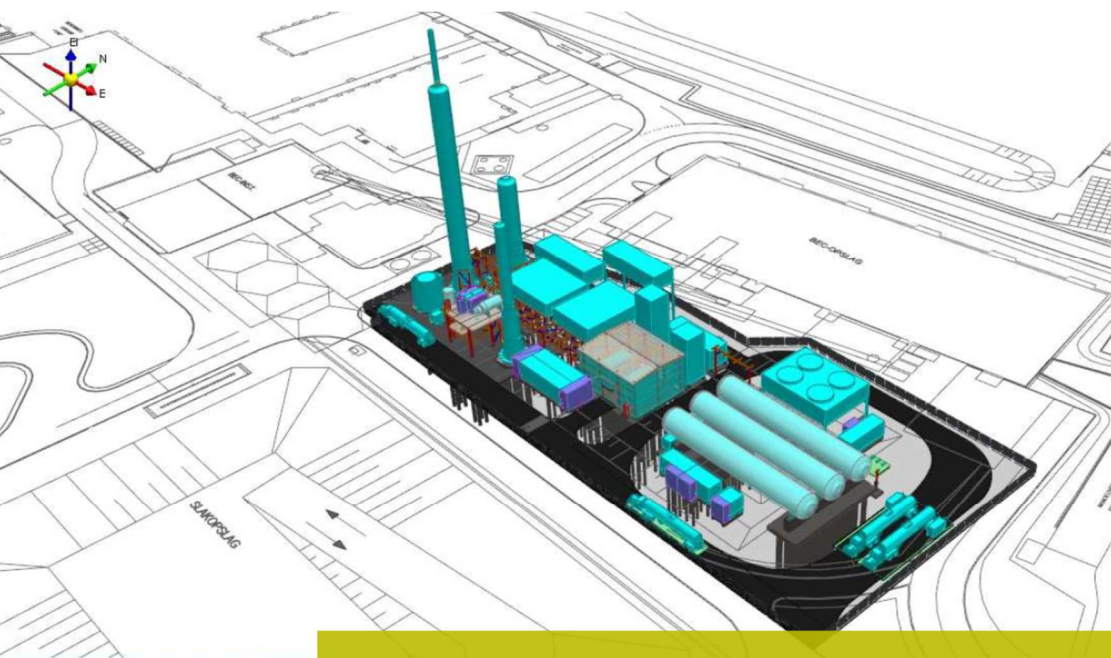
Conform het Bevi is het niet nodig het groepsrisico van de ammoniakkoelinstallatie te verantwoorden.

Referenties

1. RIVM 2020 Handleiding risicoberekeningen Bevi (Versie 4.2 gedateerd 1 april 2020)
2. Tebodin 2008 Veiligheidsanalyse Ondergrondse Opslag van CO2 in Barendrecht
Document nr. 3800784 gedateerd 20 oktober 2008
3. HSE 2009 Comparison of risks from carbon dioxide and natural gas pipelines
Rapport nr. RR749 2009
4. TNO 2013 Consequenties voor QRA-tunnels van het vervoer van nieuwe stoffen
Project nr. 054.03212 gedateerd 25 april 2013



M+P | Onderdeel van
Müller-BBM groep
Mensen met oplossingen



Akoestisch Rapport

Grootschalige CO₂ afvanginstallatie bij HVC in Alkmaar

Colofon

Opdrachtnemer	M+P raadgevende ingenieurs BV
Opdrachtgever	N.V. HVC Postbus 9199 1800 GD ALKMAAR
Opdrachtnummer	HVC 100-4002315
Titel	Grootschalige CO2 afvanginstallatie bij HVC in Alkmaar
Rapportnummer	M+P.HVC.19.02.1
Revisie	3
Datum	23 november 2020
Aantal pagina's	45
Auteurs	ir. E. Nieuwenhuizen ing. R.A.O. Gijsel
Contactpersoon	Edwin Nieuwenhuizen 0297-320651 aalsmeer@mp.nl

M+P
Visserstraat 50 | 1431 GJ Aalsmeer
Wolfskamerweg 47 | 5262 ES Vught

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLIingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Toetsingscriteria	5
2.1	Vergunningsvoorschriften	5
2	Geluid en trillingen	5
2.2	Zonebeheer	6
3	Bedrijfssituatie	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Informatiebronnen	7
3.3	Geluidsemisatie	7
4	Methode overdrachtsberekeningen	10
5	Resultaten	11
6	Samenvatting en conclusies	15
bijlage A	Figuren	16
bijlage B	Invoergegevens rekenmodel	20
bijlage C	Bijdrage-analyse	41

1 Inleiding

In opdracht van HVC en Kuiper & Burger is door M+P onderzoek verricht naar de geluidsbelasting in de omgeving ten gevolge van HVC, gelegen aan de Jadestraat 1 te Alkmaar. De aanleiding van het onderzoek is de voorgenomen bouw van een grootschalige CO₂ afvanginstallatie. In 2018 is door ons onderzoek gedaan naar een kleinschalige CO₂ afvanginstallatie (demoplant). Deze installatie blijft na realisatie van de grootschalige unit in gebruik. De beoogde locatie van de nieuwe installatie ligt ten zuiden van de BEC opslaghal.

Met de nieuwe installatie wordt CO₂ afgescheiden van de rookgassen van de BEC en de vierde verbrandingslijn van de AEC, waarna het wordt gezuiverd en vloeibaar gemaakt. Het vloeibare CO₂ product (ook aangeduid met LCO₂) wordt per vrachtwagen afgevoerd. De installatie zal 24 uur per dag in werking zijn. Naar verwachting bevat de installatie een twintigtal pompen, diverse air fin koelers, een koeltoren en verder veel static equipment.

Op basis van de beschikbare gegevens is door ons een inschatting gemaakt van het geluidsemissiebudget dat nodig zal zijn voor deze activiteit, uitgaande van toepassing van Beste Beschikbare Technieken (BBT). De geluidsbronnen zijn ingevoerd in het rekenmodel van de HVC. Het gehanteerde model is verstrekt door de gemeente en is identiek aan het model dat ten grondslag heeft gelegen aan het geluidsreductieplan van de gemeente. Met het aangepaste rekenmodel is de geluidsbelasting vanwege het project en HVC in totaal op de vergunningspunten en zonebewakingspunten berekend.

2 Toetsingscriteria

2.1 Vergunningsvoorschriften

De huidige vergunningsvoorschriften zijn opgesteld naar aanleiding van de verruiming van de openstellingstijden voor de aanvoer van afval in de avond- en nachtperiode, zie M+P. KBAI.10.11.1 van 15 februari 2011. Het kenmerk van de huidige omgevingsvergunning is 2012-9479. Hier onder is de relevante tekst uit de omgevingsvergunning weergegeven. De geluidsvoorschriften hebben betrekking op de vier controlepunten, die zijn aangegeven in figuur 1 in Bijlage A.

2 *Geluid en trillingen*

2.1.1

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) afkomstig van de inrichting mag op de controlepunten die op de bij deze beschikking behorende figuur 1 zijn aangegeven, op een meethoogte van 5 meter over de hierna genoemde perioden de volgende waarden niet overschrijden:

Controlepunt	Beoordelingshoogte [in m]	$L_{Ar,LT}$ [in dB(A)]	$L_{Ar,LT}$ [in dB(A)]	$L_{Ar,LT}$ [in dB(A)]
		Dag 07.00-19.00	Avond 19.00-23.00	Nacht 23.00-07.00
1	5	43	41	38
2	5	56	52	48
3	5	40	39	35
4	5	56	50	46

2.1.2

Het maximale geluidsniveau L_{Amax} , veroorzaakt door de in de inrichting aanwezige toestellen en installaties, door de in de inrichting verrichte werkzaamheden of activiteiten, mag in de hierna genoemde perioden op de controlepunten genoemd in voorschrift 2.1.1 niet meer bedragen dan:

Controlepunt	L_{Amax} [in dB(A)]	L_{Amax} [in dB(A)]	L_{Amax} [in dB(A)]
	Dag 07.00-19.00	Avond 19.00-23.00	Nacht 23.00-07.00
1	50	47	47
2	61	61	54
3	50	45	43
4	70	59	49

2.1.3

De voorschriften 2.1.1 en 2.1.2 zijn niet van toepassing op verkeersbewegingen van- en naar de inrichting.

2.2

Zonebeheer

De inrichting van de HVC is gelegen op het gezoneerde industrieterrein Boekelermeer. Voor dit industrieterrein is een geluidsreductieplan in werking. Dit betekent dat vergunningen kunnen worden afgegeven, zolang de geluidsbelasting van alle bedrijven tezamen op de zonegrens en bij de MTG woningen niet hoger is dan de wettelijk vastgestelde waarde. Dit moet formeel worden getoetst door de zonebeheerder.

3 Bedrijfssituatie

3.1 Algemeen

De installatie wordt aangesloten op de bestaande rookgasafvoerkanalen van de bio-energiecentrale (BEC) en de vierde verbrandingslijn van de afvalenergiecentrale (AEC). De volgende processtappen worden hierin onderscheiden:

- Koeling en reiniging rookgassen;
- Absorptie van CO₂ door middel van amine-oplossing, emissie van CO₂ arm rookgas;
- Desorptie (stripper) en koeling van puur CO₂ gas;
- Vervloeiingsunit;
- Opslag en vervoer.

3.2 Informatiebronnen

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- General layout: tekening &AE L-ZP 1001(03).pdf
- Equipment list: AE_P-LE_1001.002__EN__0.2.pdf
- Equipment list: AE_P-LE_1001.003__EN__0.1.pdf
- 3D-Tekeningen: Alkmaar Studie_SP3D.pdf
- Basisinformatie: HVC - BoD -Utility Specification - FEED study iss02 20181106.pdf

3.3 Geluidsemissie

Van de nieuwe equipment zijn nog geen gedetailleerde gegevens beschikbaar. Op basis van de beschikbare informatie, kentallen en ervaringscijfers is door ons een inschatting gemaakt van de geluidsemissie. HVC kiest voor toepassing van geluidsarme apparatuur en gaat voor wat betreft geluidsbeheersing verder dan wat normaal onder BBT wordt verstaan:

- toepassing van geluidsarme air coolers (bijvoorbeeld Whizzwheels of SX fans);
- toepassing van een stille koeltoren met geluidsarme ventilatoren en dempers in de inlaat;
- omkasting van de pompen met een aandrijfvermogen groter dan 30 kW;
- akoestisch isolatie van persleiding van de grote pompen;
- volledige omkasting van alle blowers en compressoren.

Er is nog geen gedetailleerde informatie over regelkleppen beschikbaar. We zijn er van uitgegaan dat de geluidsemissie van regelkleppen verwaarloosbaar is (of teniet wordt gedaan door isolatie of omkasting). Verder hebben we aangenomen dat het geluid dat door de stack zal worden afgestraald, uitwisselbaar is met de emissie van de bestaande schoorstenen van de BEC en de vierde verbrandingslijn.

Geluidsemissie transporten

De vloeibare CO₂ wordt met behulp van vrachtwagens afgevoerd. Het gaat om 14 vrachtwagens, waarvan 11 in de dagperiode en 3 in de avondperiode zullen worden afgehandeld. De voertuigen komen en vertrekken via de poort aan de Topaasweg. Het beladen van de voertuigen vindt plaats met uitgeschakelde voertuigmotor. Voor de geluidsemissie is L_w=102 dB(A) aangehouden en voor de snelheid v=30 km/h.

Geluidsemissie installatie

Bij het onderzoek zijn voor de installatie de volgende emissiegegevens gehanteerd.

tabel I

overzicht van de te verwachten geluidsemissie van de installatie

Item no.	Service	Type	Lw (dB(A))
1C1040	Flue Gas Blower	Blower/fan	88
#801	capture plant blowers		88
1E1030	DCC Cooler	Air Cooler	95
1E2030	Lean Solution Cooler	Air Cooler	92
1E2050	Absorber Wash Water Cooler	Air Cooler	91
1E3050	Stripper Condenser	Air Cooler	90
#802	capture plant coolers		98
1P1020	DCC CirculationPump	Centrifugal	93
1P2020	Rich Solution Pump	Centrifugal	93
1P2040	Absorber WashWater Pump	Centrifugal	92
1P2091	Make up Water	Centrifugal	71
1P3020	Lean Solution Pump	Centrifugal	93
1P3025	Stripper InterstagePump	Centrifugal	90
1P3040	Stripper Reflux Pump	Centrifugal	74
1P3090	Steam CondensatePump	Centrifugal	84
1P7120	NaOH Dosing Pump	Dosing Pump	70
1P7220	Solution Make-up Pump	Centrifugal	76
1P7240	Slop Vessel Pump	Centrifugal	76
1P7290	Pit Pump	Centrifugal	81
#803	capture plant pumps		100
2C2111	CO2 Compressor	Screw compressor	88
2C4151	Regeneration Gas blower	Blower	86
2C8111	Refrigerant Compressor	Screw compressor	88
#811	LCO2 plant compressors		92
2E8119	Refrigerant Condenser	Air Cooler	94
#812	LCO2 plant cooling tower		94

Item no.	Service	Type	Lw (dB(A))
2S4191	Vent Gas Silencer	BLOW-OFF	88
#813	LCO2 plant vent		88
2P1221	LP Scrubber Water Pump	Centrifugal	71
2P6211	CO2 Loading Pump	Centrifugal	85
2P8121	CO2 Loading Pump	Centrifugal	70
#814	LCO2 plant pumps		85

Het totale geluidsvermogen van de installatie, exclusief het geluid van de vrachtwagens, bedraagt conform bovenstaand overzicht 103 dB(A).

4 Methode overdrachtsberekeningen

De berekeningen zijn uitgevoerd conform methode II.8 van de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai, uitgave 1999. Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van een knip uit het actuele zonebeheermodel DD2990 IT Boekelermeer, kopie ODNHN 11-12-2019. Dit model bevat de meest recente informatie over geluidsbronnen van HVC, inclusief de parkeerplaats P2+, waarvoor in 2018 onderzoek is verricht, zie M+P.HVC.18.01.1 van 13 februari 2018.

De geluidsbronnen die samenhangen met de grootschalige CO₂ afvanginstallatie zijn toegevoegd aan het rekenmodel. Hierna is de geluidsbelasting op de relevante immissiepunten berekend en getoetst aan de vergunde waarden.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een standaard bodemdemping van 1,0. De beoordelingshoogte bedraagt $h=5,0$ meter. Berekend is het invallende geluid, zonder gevelreflecties.

De invoergegevens van het rekenmodel zijn weergegeven in Bijlage B. De gegevens van de bronnen van de LCO₂ installatie zijn te vinden op pagina 38.

5 Resultaten

De berekende langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus ($L_{A,r,LT}$) worden gepresenteerd in de volgende tabellen:

tabel II uitgangssituatie
 tabel III alleen de LCO₂ installatie
 tabel IV HVC totaal

tabel II $L_{A,r,LT}$ in dB(A) in de uitgangssituatie; vergunde waarden tussen haken

naam	omschrijving	hoogte [m]	dag	avond	nacht
01 HVC_A	controlepunt 1	5	31,9 (43)	29,3 (41)	27,7 (38)
02 HVC_A	controlepunt 2 (WD 15, MTG 59)	5	56,1 (56)	52,3 (52)	47,9 (48)
03 HVC_A	controlepunt 3 (zonegrens)	5	39,9 (40)	38,9 (39)	34,8 (35)
04 HVC_A	controlepunt 4 (WD 14a MTG 58)	5	55,9 (56)	50,4 (50)	45,8 (46)
Boek22_A	Akersloot, Boekel 22 MTG 50	5	28,5	26,0	24,9
Boek23_A	Akersloot, Boekel 23 MTG 56	5	28,3	25,6	24,0
F-Arth-A_A	Flats Arthurstraat A: MTG 51	1.5	37,5	36,3	33,0
F-Graa-A_A	Flats Graalstraat A: MTG 51	1.5	38,3	37,5	33,3
F-Graa-C_A	Flats Graalstraat C: MTG 51	1.5	33,9	32,5	30,7
F-Hade-A_A	Flats aan Hadewijckstraat- deel A	4.5	38,8	38,2	34,1
F-Lorr-A_A	Flats Lorreinenlaan A: MTG 51	1.5	33,4	32,2	30,5
West12a_A	Schermer, Westdijk 12a MTG 54	5	44,9	39,6	37,7
West13_A	Schermer, Westdijk 13, MTG 57	5	52,7	45,4	42,9
West14_A	Schermer, Westdijk 14 MTG 57	5	54,5	46,5	43,7
West14a_A	Schermer, Westdijk 14a MTG 58	5	55,9	50,4	45,8
West15_A	Schermer, Westdijk 15 MTG 59	5	56,1	52,3	47,9
West15a_A	Schermer, Westdijk 15a MTG 58	5	54,0	50,2	46,9
West16_A	Schermer, Westdijk 16 MTG 58	5	51,4	48,0	46,2
West16a_A	Schermer, Westdijk 16a MTG 58	5	50,1	46,5	44,9
West17_A	Schermer, Westdijk 17, MTG 57	5	48,4	45,0	43,5
West18_A	Schermer, Westdijk 18 MTG 56	5	46,9	43,7	42,3
Zp 14a_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	31,3	28,9	26,8
Zp 14b_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	32,2	30,0	27,8
Zp 14c_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	33,0	31,0	28,7

tabel III

$L_{Ar,LT}$ in dB(A) – alleen CO₂ afvanginstallatie; vergunde waarden tussen haken

naam	omschrijving	hoogte [m]	dag	avond	nacht
01 HVC_A	controlepunt 1	5	17,9 (43)	17,9 (41)	17,8 (38)
02 HVC_A	controlepunt 2 (WD 15, MTG 59)	5	41,8 (56)	41,8 (52)	41,7 (48)
03 HVC_A	controlepunt 3 (zonegrens)	5	16,4 (40)	16,4 (39)	16,4 (35)
04 HVC_A	controlepunt 4 (WD 14a MTG 58)	5	33,9 (56)	33,9 (50)	33,8 (46)
Boek22_A	Akersloot, Boekel 22 MTG 50	5	16,4	16,4	16,4
Boek23_A	Akersloot, Boekel 23 MTG 56	5	15,6	15,6	15,6
F-Arth-A_A	Flats Arthurstraat A: MTG 51	1.5	14,7	14,7	14,7
F-Graa-A_A	Flats Graalstraat A: MTG 51	1.5	11,9	11,9	11,8
F-Graa-C_A	Flats Graalstraat C: MTG 51	1.5	5,9	5,9	5,9
F-Hade-A_A	Flats aan Hadewijckstraat- deel A	4.5	17,3	17,3	17,2
F-Lorr-A_A	Flats Lorreinenlaan A: MTG 51	1.5	10,0	10,0	9,9
West12a_A	Schermer, Westdijk 12a MTG 54	5	18,1	18,1	17,6
West13_A	Schermer, Westdijk 13, MTG 57	5	22,6	22,5	22,0
West14_A	Schermer, Westdijk 14 MTG 57	5	24,4	24,3	23,8
West14a_A	Schermer, Westdijk 14a MTG 58	5	33,9	33,9	33,8
West15_A	Schermer, Westdijk 15 MTG 59	5	41,8	41,8	41,7
West15a_A	Schermer, Westdijk 15a MTG 58	5	40,7	40,7	40,6
West16_A	Schermer, Westdijk 16 MTG 58	5	40,1	40,1	40,0
West16a_A	Schermer, Westdijk 16a MTG 58	5	38,2	38,2	38,1
West17_A	Schermer, Westdijk 17, MTG 57	5	34,9	34,9	34,9
West18_A	Schermer, Westdijk 18 MTG 56	5	34,0	34,0	34,0
Zp 14a_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	18,6	18,6	18,5
Zp 14b_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	19,5	19,5	19,5
Zp 14c_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	19,1	19,1	19,1

tabel IV

$L_{Ar,LT}$ in dB(A) – HVC totaal; vergunde waarden tussen haken

naam	omschrijving	hoogte [m]	dag	avond	nacht
01 HVC_A	controlepunt 1	5	32,1 (43)	29,6 (41)	28,1 (38)
02 HVC_A	controlepunt 2 (WD 15, MTG 59)	5	56,2 (56)	52,6 (52)	48,9 (48)
03 HVC_A	controlepunt 3 (zonegrens)	5	39,9 (40)	38,9 (39)	34,8 (35)
04 HVC_A	controlepunt 4 (WD 14a MTG 58)	5	56,0 (56)	50,5 (50)	46,1 (46)
Boek22_A	Akersloot, Boekel 22 MTG 50	5	28,8	26,5	25,4
Boek23_A	Akersloot, Boekel 23 MTG 56	5	28,5	26,0	24,6
F-Arth-A_A	Flats Arthurstraat A: MTG 51	1.5	37,5	36,3	33,1
F-Graa-A_A	Flats Graalstraat A: MTG 51	1.5	38,3	37,5	33,3
F-Graa-C_A	Flats Graalstraat C: MTG 51	1.5	33,9	32,5	30,7
F-Hade-A_A	Flats aan Hadewijckstraat- deel A	4.5	38,8	38,2	34,2
F-Lorr-A_A	Flats Lorreinenlaan A: MTG 51	1.5	33,4	32,2	30,5
West12a_A	Schermer, Westdijk 12a MTG 54	5	44,9	39,6	37,7
West13_A	Schermer, Westdijk 13, MTG 57	5	52,7	45,5	43,0
West14_A	Schermer, Westdijk 14 MTG 57	5	54,5	46,5	43,7
West14a_A	Schermer, Westdijk 14a MTG 58	5	56,0	50,5	46,1
West15_A	Schermer, Westdijk 15 MTG 59	5	56,2	52,6	48,9
West15a_A	Schermer, Westdijk 15a MTG 58	5	54,2	50,7	47,8
West16_A	Schermer, Westdijk 16 MTG 58	5	51,7	48,6	47,1
West16a_A	Schermer, Westdijk 16a MTG 58	5	50,3	47,1	45,7
West17_A	Schermer, Westdijk 17, MTG 57	5	48,6	45,4	44,1
West18_A	Schermer, Westdijk 18 MTG 56	5	47,1	44,2	42,9
Zp 14a_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	31,5	29,2	27,4
Zp 14b_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	32,4	30,3	28,4
Zp 14c_A	Zonepunt (oude zone 2002)	5	33,2	31,3	29,2

Het kritische vergunningspunt is Westdijk 15 (controlepunt 2). Hier is de berekende geluidsbelasting vanwege de LCO₂ installatie ongeveer 6 dB lager dan de huidige geluidsbelasting van de gehele inrichting. De nieuwe activiteit leidt er toe dat de geluidsbelasting in de avond- en nachtperiode in geringe mate hoger zal worden.

De nieuwe activiteit zal voor de zonepunten en/of MTG punten getoetst worden door de zonebeheerder.

6 Samenvatting en conclusies

In opdracht van HVC is door M+P een verkennend akoestisch onderzoek uitgevoerd naar aanleiding van de voorgenomen bouw van een installatie waarmee CO₂ uit de rookgassen van de BEC en de vierde lijn wordt afgevangen, gezuiverd en vloeibaar gemaakt (LCO₂ installatie). Wij hebben onderzocht welke geluidsemissie samenhangt met deze installatie, uitgaande van toepassing van geluidarme apparatuur, verdergaand dan BBT. Met toepassing van beschikbare apparatuur (verdergaand dan BBT) hebben we de geluidsimmissie bepaald op de vergunningspunten van HVC en op de punten die representatief zijn voor het zonebeheer.

De LCO₂ installatie zal continu in werking zijn. De installatie zal aan de zuidzijde van opslaghal van de BEC, grotendeels in de buitenlucht, worden gebouwd. De belangrijkste bronnen zijn de koelers, compressoren, blowers en pompen. Indien de compressoren en de grote pompen worden omkast en de overige delen van de installatie geluidsarm worden ontworpen, kan de geluidsemissie worden beperkt tot een geluidsvermogen van 103 dB(A).

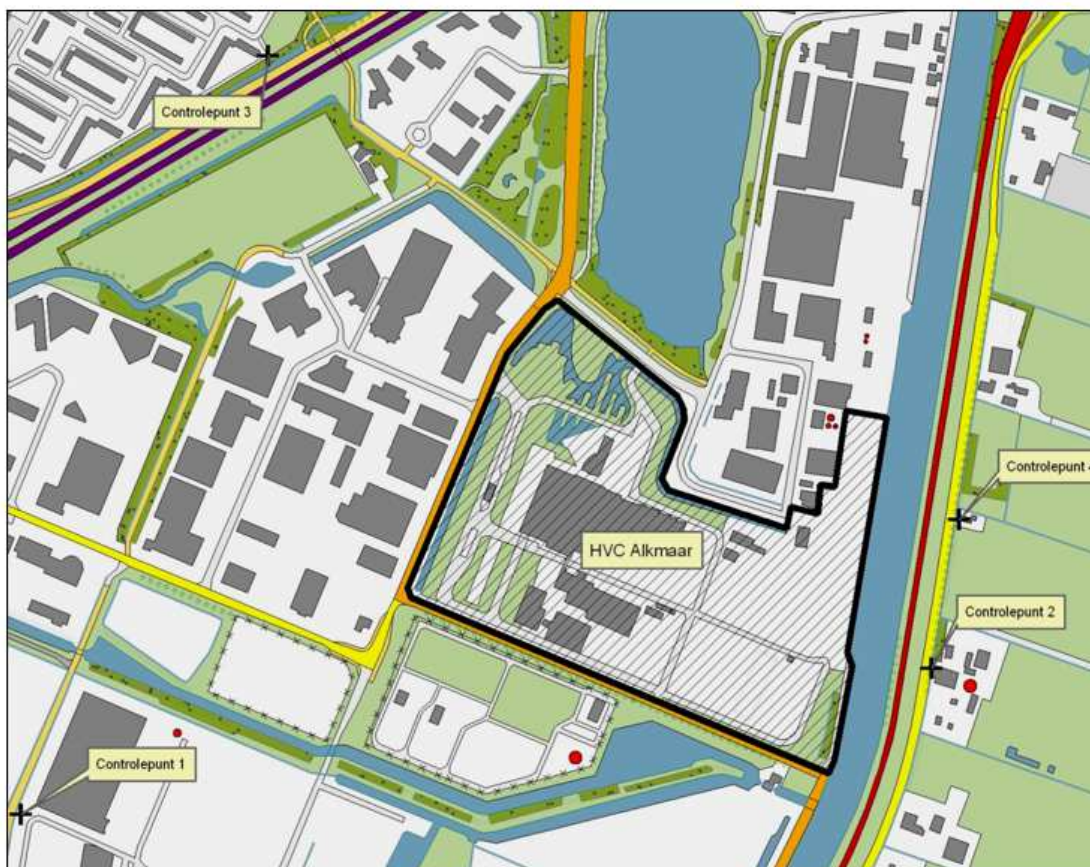
De te verwachten geluidsimmissie is berekend met behulp van een akoestisch overdrachtsmodel. Hierbij is gebruik gemaakt van de ondergrond die door de gemeente is aangeleverd. We hebben de geluidsbelasting van de nieuwe installatie vergeleken met de geluidsbelasting in de uitgangssituatie en met de vergunde waarden.

Uit de berekeningen blijkt dat vergunningspunt 2 (Westdijk 15) kritisch is. Door de LCO₂ installatie zal de vergunde waarde in de avond- en nachtperiode in geringe mate hoger worden. De nieuwe activiteit zal voor de toegestane waarden op zonepunten en/of MTG punten formeel worden getoetst door de zonebeheerder.

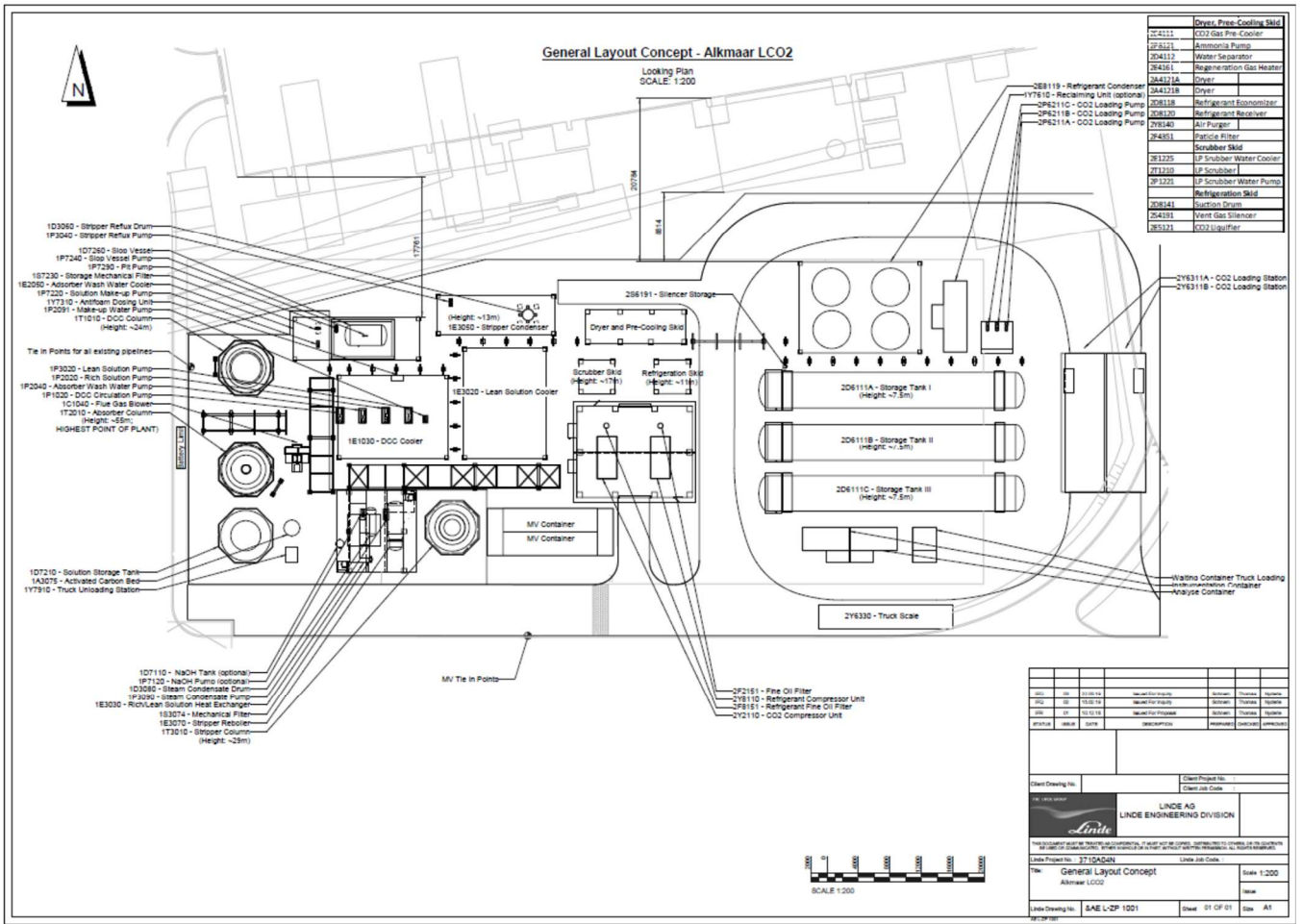
Bijlage A

Figuren

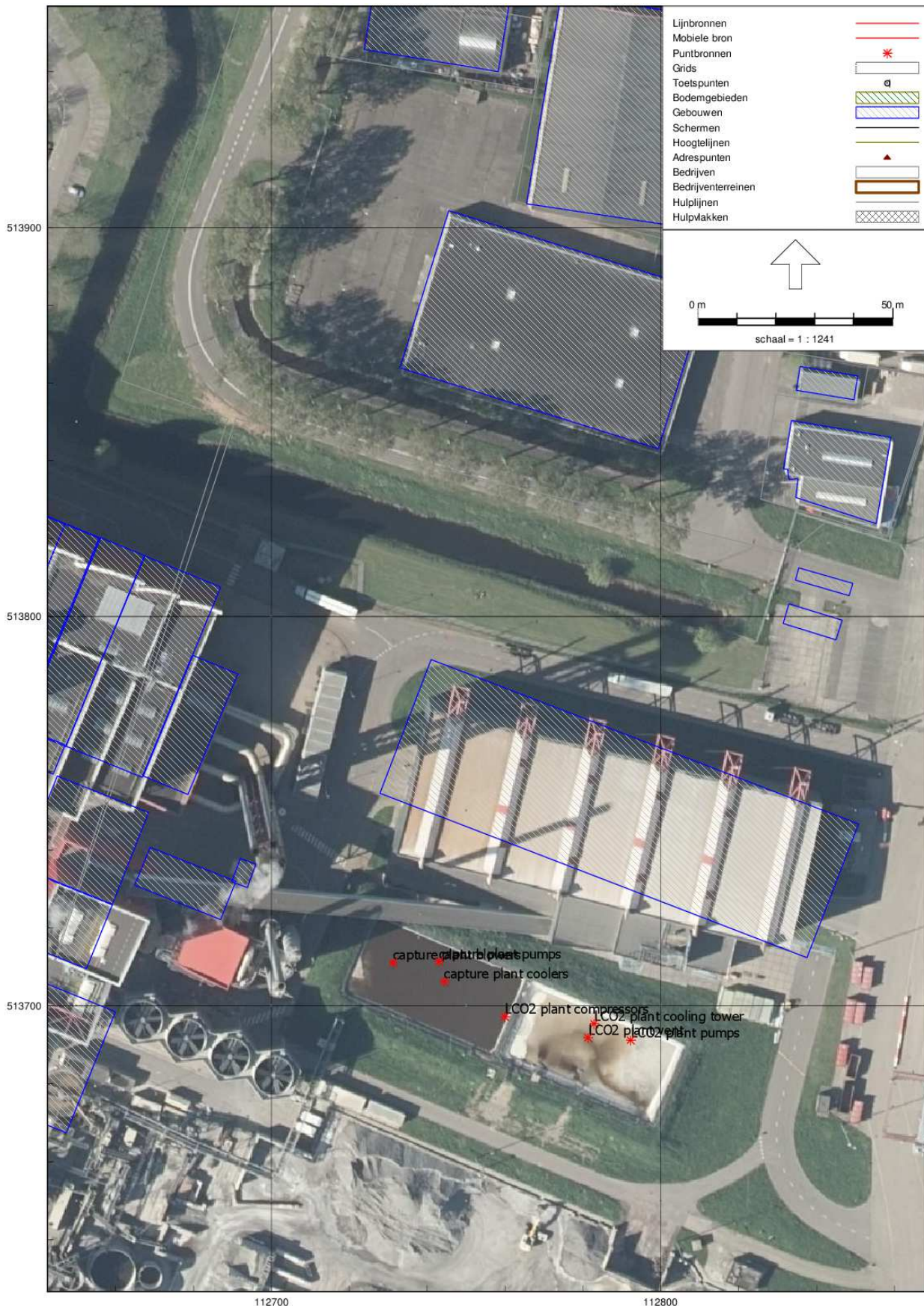
controlepunt 1 = zonepunt 47
 controlepunt 2 = zonepunt 36
 controlepunt 3 = zonepunt 53
 controlepunt 4 = zonepunt 35



figuur 1 ligging vergunningspunten



figuur 2 lay out van de installatie



figuur 3 bronnenmodel

Bijlage B

Invoergegevens rekenmodel

lijst van puntbronnen

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
294	slakverw.zd	112516.10	513651.94	8.00	0.00	202.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	83.10	91.40	85.60	81.40	79.40	75.50	61.80	53.90	93.44
295	slakverw.dak	112518.16	513656.39	12.10	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	73.70	82.00	81.80	74.20	69.30	64.70	57.00	50.90	85.70
347	weegbrug	112435.78	513858.61	1.50	0.00	0.00	360.00	0.50	--	15.36	0.00	68.50	80.50	79.50	83.50	87.50	89.50	89.50	85.50	94.96
351	transp.band	112490.59	513666.40	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	50.80	62.90	66.40	66.80	68.00	64.20	56.00	44.90	73.14
352	transp.band	112527.04	513697.95	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	53.80	65.90	69.40	69.80	71.00	67.20	59.00	47.90	76.14
353	transp.band	112559.92	513681.41	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	56.80	68.90	72.40	72.80	74.00	70.20	62.00	50.90	79.14
354	transp.band	112552.67	513667.31	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	56.80	68.90	72.40	72.80	74.00	70.20	62.00	50.90	79.14
355	transp.band	112623.80	513653.76	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	62.80	74.90	78.40	78.80	80.00	76.20	68.00	56.90	85.14
356	stortbunker fijn schroot SOI	112565.11	513679.05	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	60.60	69.60	77.80	83.20	82.70	82.80	89.90	89.60	94.06
358	stortbunker grof schroot SOI	112560.04	513667.07	2.00	0.00	0.00	360.00	8.20	14.26	17.27	0.00	62.40	71.20	73.40	77.30	80.10	86.40	89.40	86.00	92.78
360	stort nonfer. in container SOI	112528.29	513701.22	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	56.10	68.20	69.40	71.10	76.40	84.40	87.00	81.70	89.99
361	persunit	112539.03	513695.80	3.00	0.00	0.00	360.00	6.00	12.04	15.05	0.00	75.90	82.70	83.40	86.20	88.70	89.30	88.20	84.10	95.28
362	persunit	112531.17	513699.81	3.00	0.00	0.00	360.00	6.00	12.04	15.05	0.00	75.90	82.70	83.40	86.20	88.70	89.30	88.20	84.10	95.28
374	dumper	112726.15	513625.44	2.00	0.00	0.00	360.00	3.01	9.03	12.04	0.00	72.20	91.90	95.60	99.70	96.60	96.60	92.10	92.90	104.35
375	hydr.kraan	112723.85	513619.89	2.00	0.00	0.00	360.00	3.01	6.02	9.03	0.00	72.80	86.90	97.40	99.80	102.00	99.20	94.00	83.90	106.28
449	slakkenverw.	112533.77	513692.24	8.00	0.00	21.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	65.70	80.40	77.00	71.70	71.70	69.00	57.50	49.10	83.05
450	slakkenverw.	112548.58	513663.70	8.00	0.00	111.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	66.80	77.70	77.70	73.20	72.00	67.70	60.60	54.60	82.22
451	slakkenverw.	112517.98	513652.56	8.00	0.00	202.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	63.50	78.80	74.70	70.60	70.20	67.20	53.80	41.60	81.31
452	slakkenverw.	112503.76	513681.73	8.00	0.00	291.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	72.20	83.20	83.20	79.30	78.80	75.40	65.90	59.30	88.03
453	slakkenverw.	112539.82	513667.12	12.10	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	68.50	78.20	80.60	79.60	73.80	65.50	52.80	42.80	84.87
457	slak overstort op transportb.	112529.15	513771.76	5.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	76.60	81.40	86.40	88.70	87.70	83.50	75.60	93.10	96.29
466	deur SOI westzijde	112507.20	513692.64	2.50	0.00	292.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	72.20	81.20	88.60	92.20	95.70	95.30	90.60	80.60	100.37
467	aandrijving/overstort transp.	112561.85	513673.79	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	64.80	76.30	82.60	87.10	87.80	83.90	80.20	74.10	92.35



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
469	condensor dak bunkergebouw	112536.49	513785.82	36.00	0.00	0.00	360.00	0.00	3.00	3.00	0.00	70.70	86.90	92.70	94.10	96.30	96.00	93.70	86.70	102.04
494	Portaalkraan aandrijving hoog	112897.05	513721.19	15.00	0.00	0.00	360.00	1.76	4.78	--	0.00	79.80	84.70	89.90	98.20	103.40	101.90	98.00	94.80	107.38
496	Reachstacker	112902.30	513714.74	2.00	0.00	0.00	360.00	3.01	6.00	13.84	0.00	75.00	83.00	87.00	96.00	100.00	96.00	92.00	88.00	103.20
498	Transportband	112894.54	513644.41	2.00	0.00	0.00	360.00	0.80	--	--	0.00	62.00	76.00	74.00	81.00	80.00	74.00	70.00	67.00	85.22
544	Portaalkraan aandrijving laag	112874.19	513684.97	1.50	0.00	0.00	360.00	6.00	8.20	--	0.00	68.20	73.50	78.80	93.10	92.90	97.30	98.40	99.30	103.96
589	shovel (caterpillar)	112798.59	513597.11	2.00	0.00	0.00	360.00	3.80	9.79	12.84	0.00	73.00	86.20	93.80	94.90	101.70	98.70	93.90	84.80	104.90
591	dumper	112806.12	513601.10	2.00	0.00	0.00	360.00	3.01	9.03	12.04	0.00	72.20	91.90	95.60	99.70	96.60	96.60	92.10	92.90	104.35
592	hydr.kraan	112805.17	513595.23	2.00	0.00	0.00	360.00	3.01	6.02	9.10	0.00	72.80	86.90	97.40	99.80	102.00	99.20	94.00	83.90	106.28
489	Tussenopslag slakken west	112459.96	513708.19	7.00	0.00	292.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	73.30	83.10	87.80	92.80	96.00	94.20	87.20	78.10	99.97
490	Tussenopslag slakken oost	112495.32	513693.53	7.00	0.00	112.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	77.30	87.60	92.10	96.80	100.30	100.30	95.20	86.40	105.08
491	Tussenopslag slakken noord	112487.34	513728.29	7.00	0.00	22.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	72.60	82.90	87.40	92.10	95.60	95.60	90.50	81.70	100.38
350	transp.band	112507.44	513714.85	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	68.80	80.90	84.40	84.80	86.00	82.20	74.00	62.90	91.14
373	overst.trans	112487.72	513667.44	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	62.40	69.50	74.20	82.10	91.00	95.60	95.10	88.60	99.57
492	Tussenopslag slakken zuid	112466.34	513672.21	7.00	0.00	202.50	180.00	0.00	6.02	9.03	0.00	78.00	87.80	92.50	97.50	100.70	98.90	91.90	82.80	104.67
584	Meerwarmtegebouw; noordgevel	112473.62	513758.13	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.40	63.20	50.10	47.20	42.20	33.50	26.30	13.90	63.75
585	Meerwarmtegebouw; roosters noordgevel	112473.32	513758.26	10.00	0.00	202.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.10	69.90	63.80	61.90	55.90	58.20	59.00	51.60	72.07
583	Meerwarmtegebouw; beglazing noordgevel	112474.02	513758.04	10.00	0.00	202.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.70	55.50	54.90	52.50	43.50	48.80	38.60	24.20	59.85
357	slakken storten in dumper	112648.52	513646.84	4.00	0.00	0.00	360.00	4.26	10.28	13.29	0.00	67.50	78.80	84.90	89.60	95.00	98.00	96.30	90.20	102.06
468	slakkensilo bovenzijde	112646.95	513646.19	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	6.02	9.03	0.00	63.40	71.20	76.10	80.90	83.70	87.00	90.10	88.60	94.25
275	schoorsteen	112700.93	513762.09	80.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.40	80.40	84.40	86.40	84.40	80.40	75.40	71.40	91.02
276	rookgaskanaal	112688.59	513758.44	4.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00	80.00	75.00	75.00	57.00	49.00	48.00	42.00	84.21
277	rookgaskanaal	112694.75	513773.31	4.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00	80.00	75.00	75.00	57.00	49.00	48.00	42.00	84.21
278	E-filter	112584.70	513785.66	31.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.70	71.70	71.70	76.70	77.70	76.70	71.70	65.70	83.03
279	E-filter	112585.45	513795.85	31.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.10	68.70	76.10	77.10	77.00	76.30	70.90	58.60	83.14

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
280	E-filter	112591.37	513793.40	31.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.10	68.70	76.10	77.10	77.00	76.30	70.90	58.60	83.14
281	E-filter	112589.13	513804.72	31.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.10	68.70	76.10	77.10	77.00	76.30	70.90	58.60	83.14
282	E-filter	112595.04	513802.27	31.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.10	68.70	76.10	77.10	77.00	76.30	70.90	58.60	83.14
283	E-filter	112595.80	513812.46	31.00	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.70	71.70	71.70	76.70	77.70	76.70	71.70	65.70	83.03
284	luco	112586.42	513717.95	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.50	86.30	91.40	96.60	99.20	91.80	82.50	68.30	102.16
288	ventilatioerooster rgr 1.2	112576.70	513778.37	4.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.90	64.60	72.70	66.20	66.30	65.20	59.90	51.50	75.46
289	ventilatioerooster rgr 1.3	112583.17	513775.69	4.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.90	64.60	72.70	66.20	66.30	65.20	59.90	51.50	75.46
290	vent.rgr5	112614.95	513762.53	13.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.80	62.90	60.40	59.80	57.00	62.20	73.00	69.90	75.62
291	vent.ktl4.1	112576.84	513791.52	26.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.60	67.70	65.20	64.60	61.80	67.00	77.80	74.70	80.42
292	vent.ktl4.2	112581.63	513802.50	26.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.60	67.70	65.20	64.60	61.80	67.00	77.80	74.70	80.42
293	vent.ktl4.3	112586.10	513813.87	26.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.60	67.70	65.20	64.60	61.80	67.00	77.80	74.60	80.40
296	radiateuren	112532.65	513755.92	4.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.90	77.40	81.50	83.80	84.10	80.40	75.10	67.20	89.28
297	turbinegebouw gevel noord 1e	112551.39	513746.53	8.00	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.40	61.40	64.40	63.50	59.50	49.60	43.60	36.20	68.84
298	turbinegebouw gevel oost 1e	112567.74	513724.61	8.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00	66.80	68.10	65.50	65.70	61.40	53.50	48.40	73.18
299	turbinegebouw gevel zuid 1e	112530.74	513723.89	8.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.10	70.00	73.10	70.20	69.80	62.80	55.80	52.60	77.37
300	turbinegebouw gevel west 1e	112524.99	513744.48	8.00	0.00	292.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.00	59.10	62.10	61.20	57.00	46.90	40.80	33.30	66.51
301	turbinegebouw gevel noord bg	112546.77	513748.45	3.50	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.20	61.10	62.60	59.60	59.50	52.60	46.60	42.50	67.30
302	turbinegebouw gevel oost bg	112565.45	513719.06	3.50	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.80	74.80	75.80	72.80	73.80	69.80	61.80	56.80	81.02
303	turbinegebouw gevel zuid bg	112529.74	513724.23	3.50	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.80	63.80	66.30	63.00	62.60	55.80	50.00	45.30	70.56
304	turbinegebouw gevel west bg	112522.60	513738.97	3.50	0.00	292.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.50	66.50	68.30	65.40	65.40	58.40	52.40	48.30	72.97
305	HSA gevel west	112526.28	513747.84	3.50	0.00	292.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.40	67.20	75.00	71.90	75.30	70.70	63.00	52.50	80.08
306	HSA gevel west2	112525.34	513745.31	3.50	0.00	292.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.40	67.20	75.00	71.90	75.30	70.70	63.00	52.50	80.08
307	turbinegeb. gevel nrd pompenk.	112569.96	513738.84	3.50	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.30	69.20	70.70	67.60	67.50	60.60	54.60	50.50	75.36
308	turbinegeb.gevel oost pompenk.	112571.19	513732.92	3.50	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.90	47.20	47.00	48.60	48.00	42.20	37.00	29.90	54.41



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
309	rooster HSA gevel noord	112533.00	513754.15	8.00	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.80	70.80	73.80	71.80	67.80	59.80	59.80	53.80	77.78
310	inlaat rooster HSA	112526.79	513748.82	8.00	0.00	292.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.30	72.70	77.10	73.10	69.90	65.80	63.10	55.00	80.32
311	vent.nsa.zd	112522.94	513727.25	8.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.40	72.60	65.70	63.20	62.20	61.80	57.30	53.10	74.79
312	afzuig.turb.	112557.03	513726.44	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.70	75.60	78.00	83.20	84.90	80.70	76.30	68.40	89.05
313	vent.bunker.	112529.71	513771.53	12.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.20	64.30	61.80	61.20	58.40	63.60	74.40	71.30	77.02
376	loshal	112525.96	513875.91	13.70	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	3.01	0.00	75.30	80.30	75.40	66.40	65.60	60.60	55.60	48.60	82.68
379	loshal - dakvlak	112508.21	513833.04	18.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	3.01	0.00	80.30	88.30	86.60	87.30	90.30	74.70	67.00	55.80	94.60
383	bunker1	112547.84	513840.01	35.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.10	75.10	73.10	74.10	77.10	61.20	53.20	43.40	81.35
387	bunker3	112540.36	513819.73	35.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.90	79.90	77.90	78.90	81.90	65.90	58.00	48.10	86.15
388	bunker4	112542.50	513783.88	31.70	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.50	70.50	65.50	56.30	55.00	50.00	45.00	38.00	72.83
390	bunker4	112528.00	513789.88	35.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.10	75.10	73.10	74.10	77.10	61.20	53.20	43.40	81.35
395	bunker6	112523.37	513778.70	35.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.00	70.00	68.00	69.00	72.00	56.10	48.10	38.30	76.25
396	bunker 7	112537.87	513772.70	13.70	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.50	66.50	61.60	52.30	51.10	46.10	41.10	34.10	68.85
399	ketel1	112552.12	513788.55	39.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.40	64.40	52.60	50.10	48.60	43.60	38.60	31.60	65.34
400	ketel1	112554.86	513813.72	39.70	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.70	69.70	57.90	55.40	53.80	48.80	43.80	36.80	70.63
401	ketel1	112561.42	513811.00	42.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.80	76.40	72.60	70.10	72.10	67.30	64.20	59.20	80.14
403	ketel2	112552.12	513788.55	31.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.90	65.90	56.80	53.20	50.90	45.90	40.90	33.20	67.11
406	ketel4	112581.47	513802.70	36.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.70	73.70	61.80	59.30	57.80	52.80	47.80	40.80	74.63
407	ketel4	112565.43	513783.04	36.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.90	70.90	70.60	67.60	67.60	60.70	53.80	50.60	75.84
408	ketel4	112574.73	513805.49	42.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.00	79.30	74.90	72.80	77.90	73.70	70.70	65.70	83.87
410	ketel5	112565.43	513783.04	17.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.70	70.70	70.50	67.30	67.10	60.20	53.50	50.00	75.60
412	rgr1	112580.95	513776.61	17.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.60	72.70	72.50	69.30	68.90	62.10	55.40	51.80	77.57
413	rgr1	112590.25	513799.06	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.10	61.10	64.10	63.20	59.00	48.80	42.70	35.20	68.51
415	rgr2	112616.99	513788.09	36.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.30	68.30	56.40	53.90	52.40	47.40	42.40	35.40	69.23

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
416	rgr2	112598.69	513769.26	36.30	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.20	64.20	52.40	49.90	48.30	43.30	38.30	31.30	65.13
417	rgr2	112599.21	513795.35	36.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.30	68.30	56.40	53.90	52.40	47.40	42.40	35.40	69.23
418	rgr2	112607.99	513791.71	38.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.00	75.40	71.60	70.70	75.10	71.00	67.90	62.90	80.69
420	rgr3	112598.69	513769.26	30.00	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.80	66.80	54.90	52.40	50.90	45.90	40.90	33.90	67.73
421	rgr3	112599.21	513795.35	30.00	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.50	70.50	58.70	56.20	54.70	49.70	44.70	37.70	71.44
423	rgr4	112598.69	513769.26	17.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.70	69.70	66.30	61.50	57.90	52.90	47.90	38.00	72.26
425	rgr5	112630.29	513782.58	31.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.30	68.30	56.40	53.90	52.40	47.40	42.40	35.40	69.23
426	rgr5	112614.21	513762.83	31.30	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.90	61.90	57.20	52.60	49.30	44.30	39.30	29.90	64.03
427	rgr5	112623.51	513785.28	33.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.10	65.10	65.80	67.10	60.20	48.50	40.70	33.90	71.44
429	rgr6	112614.21	513762.83	20.30	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.80	71.00	70.70	67.30	66.80	60.10	53.40	49.60	75.72
431	rgr7	112636.16	513784.48	28.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.50	65.50	66.50	67.50	60.90	49.50	42.20	35.20	71.96
432	rgr8	112631.43	513760.25	20.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.10	67.10	57.90	54.30	52.10	47.10	42.10	34.40	68.30
433	rgr8	112625.29	513758.24	20.30	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.00	71.70	67.50	64.10	63.30	56.90	50.60	46.10	74.37
434	rgr8	112626.90	513762.12	28.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.40	64.40	64.70	66.40	58.80	46.40	37.30	31.20	70.58
436	rgr9	112647.71	513784.13	28.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.70	64.70	65.10	66.70	59.30	47.20	38.80	32.30	70.92
437	rgr10	112645.62	513763.14	20.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.10	67.10	57.20	53.80	51.80	46.80	41.80	34.30	68.21
438	rgr10	112638.37	513761.59	20.30	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.70	67.70	61.50	57.20	54.10	49.10	44.10	35.40	69.44
439	rgr10	112639.94	513765.38	28.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.30	49.40	52.40	51.50	47.30	37.10	30.90	23.40	56.81
441	rgr11	112673.30	513773.53	20.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.10	73.70	70.70	67.30	66.50	60.00	53.60	49.30	76.89
442	rgr11	112656.99	513762.65	20.30	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.70	68.70	60.20	56.40	54.00	49.00	44.00	36.10	70.00
443	rgr11	112663.23	513777.71	28.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.30	56.30	59.40	58.50	54.30	44.10	37.90	30.40	63.79
444	turbine gebouw gevel noord	112553.73	513746.26	17.70	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.20	71.20	74.30	71.40	71.00	63.90	57.00	53.70	78.56
445	turbinegebouw gevel oost	112567.55	513724.14	17.70	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.90	59.50	63.20	61.10	56.90	48.20	42.60	33.20	66.99
446	turbinegebouw gevel zuid	112531.74	513723.39	17.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.40	67.30	70.40	67.60	67.00	59.90	53.00	49.70	74.66



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
447	turbinegebouw gevel west	112524.20	513742.31	17.70	0.00	293.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.90	65.70	68.80	66.20	65.40	58.10	51.20	47.90	73.09
448	turbinegebouw dak	112545.88	513733.23	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.70	60.80	63.80	62.90	58.70	48.60	42.50	35.00	68.21
454	afzuig.turb.	112534.50	513735.56	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.70	73.70	76.70	74.70	70.70	62.70	62.70	56.70	80.68
455	afzuig.turb.	112535.67	513739.95	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.70	75.60	78.00	83.20	84.90	80.70	76.30	68.40	89.05
456	afzuig.turb.	112558.18	513731.05	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.70	75.60	78.00	83.20	84.90	80.70	76.30	68.40	89.05
458	uitlaat HSA	112526.47	513736.29	26.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	79.20	78.10	74.50	71.60	68.00	64.80	61.70	84.40
459	uitlaat HSA	112528.16	513740.35	26.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	79.20	78.10	74.50	71.60	68.00	64.80	61.70	84.40
460	uitlaat HSA	112529.95	513744.70	26.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	79.20	78.10	74.50	71.60	68.00	64.80	61.70	84.40
461	stoomleiding uit turbinegebouw	112566.22	513720.15	4.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.40	76.00	82.90	87.50	88.30	91.30	89.80	81.90	95.95
462	rooster boven ruimte T0.41 nrd	112571.12	513738.25	3.00	0.00	22.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.70	60.40	72.40	67.00	68.50	67.60	57.50	53.00	75.71
463	uitlaat turbinegebouw zuid	112526.55	513725.76	5.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.80	64.00	66.70	71.00	68.00	65.80	64.30	64.50	75.54
470	ventilator	112590.62	513823.48	23.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.00	81.80	75.40	78.20	79.30	73.90	67.30	85.70	88.72
471	ventilator dak rookreiniging	112606.76	513787.46	40.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.80	63.80	70.90	72.50	74.70	69.20	62.60	59.50	78.64
472	ventilator dak ketelhuis	112569.78	513807.65	43.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.90	64.30	66.60	71.00	71.20	67.50	63.10	53.20	76.13
473	ventilator dak rookgasreinig	112602.86	513779.33	39.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.70	59.60	69.10	71.80	70.40	68.30	64.70	55.60	76.56
474	ventilator dak rookgasreinig	112607.36	513792.30	39.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.70	59.60	69.10	71.80	70.40	68.30	64.70	55.60	76.56
475	ventilator dak rookgasreinig	112612.95	513803.95	39.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.70	59.60	69.10	71.80	70.40	68.30	64.70	55.60	76.56
476	ventilator dak rookgasreinig	112619.31	513774.36	34.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.20	71.10	80.30	86.40	90.00	84.30	73.80	68.20	92.69
477	ventilator dak rookgasreinig	112624.10	513786.45	34.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.20	71.10	80.30	86.40	90.00	84.30	73.80	68.20	92.69
478	ventilator dak rookgasreinig	112628.17	513797.32	34.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.20	71.10	80.30	86.40	90.00	84.30	73.80	68.20	92.69
479	ventilator dak wassers	112631.27	513768.22	29.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.60	61.20	67.80	72.50	72.90	67.80	59.90	53.40	77.15
481	ventilator tbv afz.trappenhuis	112558.67	513822.64	37.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	76.10	83.70	88.60	86.60	82.60	78.70	72.10	92.39
482	ventilator tbv afz.trappenhuis	112553.41	513804.47	44.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	76.10	83.70	88.60	86.60	82.60	78.70	72.10	92.39
483	ventilator tbv afz.trappenhuis	112548.14	513794.10	44.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	76.10	83.70	88.60	86.60	82.60	78.70	72.10	92.39

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
484	ventilator tbv afz.trappenhuis	112630.89	513808.85	35.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	76.10	83.70	88.60	86.60	82.60	78.70	72.10	92.39
485	ventilator tbv afz.trappenhuis	112612.25	513763.86	35.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	76.10	83.70	88.60	86.60	82.60	78.70	72.10	92.39
486	ventilator tbv afz.trappenhuis	112630.76	513795.48	35.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	76.10	83.70	88.60	86.60	82.60	78.70	72.10	92.39
526	Dakventilator loshal	112534.56	513856.29	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.80	66.90	70.40	73.80	73.00	68.20	63.00	56.90	78.48
527	Dakventilator loshal	112529.09	513842.33	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.80	66.90	70.40	73.80	73.00	68.20	63.00	56.90	78.48
528	Dakventilator loshal	112523.35	513828.48	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.80	66.90	70.40	73.80	73.00	68.20	63.00	56.90	78.48
529	Dakventilator loshal	112517.57	513815.27	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.80	66.90	70.40	73.80	73.00	68.20	63.00	56.90	78.48
530	Dakventilator loshal	112509.85	513796.63	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.80	66.90	70.40	73.80	73.00	68.20	63.00	56.90	78.48
570	Meerwarmtegebouw: Dakvlak	112468.11	513745.21	15.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.10	82.90	69.80	66.90	61.90	53.20	46.00	33.60	83.45
567	Meerwarmtegebouw; beglazing oostgevel	112473.91	513742.02	10.00	0.00	112.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.50	73.30	72.70	70.30	61.30	66.60	56.40	42.00	77.65
568	Meerwarmtegebouw; oostgevel	112473.38	513740.99	10.00	0.00	112.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.60	78.40	65.30	62.40	57.40	48.70	41.50	29.10	78.95
569	Meerwarmtegebouw; roosters oostgevel	112473.61	513741.49	5.00	0.00	112.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.90	85.70	79.60	77.70	71.70	74.00	74.80	67.40	87.87
572	Meerwarmtegebouw; rooster westgevel	112461.36	513746.21	10.00	0.00	292.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.20	82.00	75.90	74.00	68.00	70.30	71.10	63.70	84.17
571	Meerwarmtegebouw; west gevel	112461.13	513745.70	10.00	0.00	292.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.70	80.50	67.40	64.50	59.50	50.80	43.60	31.20	81.05
573	Meerwarmtegebouw; beglazing westgevel	112461.64	513746.82	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.20	82.00	75.90	74.00	68.00	70.30	71.10	63.70	84.17
564	Meerwarmtegebouw; roosters zuidgevel	112462.53	513732.99	4.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.10	86.90	80.80	78.90	72.90	75.20	76.00	68.60	89.07
563	Meerwarmtegebouw; zuidgevel	112463.01	513732.80	10.00	0.00	202.50	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.60	78.40	65.30	62.40	57.40	48.70	41.50	29.10	78.95
566	Meerwarmtegebouw; beglazing zuidgevel	112463.38	513732.69	10.50	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.10	66.90	66.30	63.90	53.90	62.20	50.00	35.60	71.43
377	loshal	112490.44	513790.07	13.70	0.00	202.50	180.00	0.00	0.00	3.01	0.00	77.60	88.20	91.60	94.50	97.50	92.50	87.50	80.50	101.16
378	loshal	112490.40	513840.43	13.70	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	3.01	0.00	79.70	88.60	91.30	94.00	97.00	92.00	87.00	80.00	100.75
392	bunker6	112537.87	513772.70	29.30	0.00	112.50	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.70	67.70	62.70	53.50	52.20	47.20	42.20	35.20	70.03
384	bunker2	112558.92	513864.53	13.70	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.10	74.10	69.20	59.90	58.70	53.70	48.70	41.70	76.45
380	bunker1	112559.60	513864.25	29.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.30	75.30	70.30	61.10	59.80	54.80	49.80	42.80	77.63
382	bunker1	112534.21	513845.90	29.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.80	72.80	67.80	58.60	57.30	52.30	47.30	40.30	75.13



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
386	bunker3	112525.82	513825.66	29.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.60	77.60	72.60	63.40	62.10	57.10	52.10	45.10	79.93
389	bunker4	112513.50	513795.83	31.70	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.50	70.50	65.50	56.30	55.00	50.00	45.00	38.00	72.83
391	bunker5	112513.64	513796.16	22.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.50	69.50	64.60	55.30	54.10	49.10	44.10	37.10	71.85
394	bunker6	112508.87	513784.72	29.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.70	67.70	62.70	53.50	52.20	47.20	42.20	35.20	70.03
397	bunker7	112521.76	513774.83	13.70	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.10	74.10	69.20	59.90	58.70	53.70	48.70	41.70	76.45
393	bunker6	112521.66	513774.87	29.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.30	75.30	70.30	61.10	59.80	54.80	49.80	42.80	77.63
285	shovel (caterpillar)	112716.69	513622.21	2.00	0.00	0.00	360.00	3.80	9.79	12.80	0.00	73.00	86.20	93.80	94.90	101.70	98.70	93.90	84.80	104.90
345	cont.wissel	112472.18	513837.11	1.50	0.00	0.00	360.00	4.03	12.84	15.79	0.00	77.90	88.60	91.10	99.30	100.30	97.90	92.10	86.80	104.71
346	cont.wissel	112473.19	513826.62	1.50	0.00	0.00	360.00	10.00	--	--	0.00	77.90	88.60	91.10	99.30	100.30	97.90	92.10	86.80	104.71
497	Shovel	112880.27	513632.69	2.00	0.00	0.00	360.00	6.80	--	--	0.00	73.00	86.20	93.80	94.90	101.70	98.70	93.90	84.80	104.90
488	Vacuwmwagen	112631.67	513832.07	1.60	0.00	0.00	360.00	3.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
315	vrachtwagen	112460.37	513981.23	1.50	0.00	0.00	360.00	9.70	13.19	19.21	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
316	vrachtwagen	112460.56	513930.71	1.50	0.00	0.00	360.00	9.70	13.19	19.21	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
317	vracht+veeg	112440.44	513874.32	1.50	0.00	0.00	360.00	9.70	13.19	19.21	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
318	vrachtwagen	112418.17	513818.71	1.50	0.00	0.00	360.00	9.70	13.19	19.21	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
319	vrachtwagen	112455.96	513783.46	1.50	0.00	0.00	360.00	14.69	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
320	vrachtwagen	112511.81	513770.93	1.50	0.00	0.00	360.00	14.69	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
322	vrachtwagen	112614.68	513728.43	1.50	0.00	0.00	360.00	14.69	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
323	vrachtwagen	112666.68	513707.11	1.50	0.00	0.00	360.00	14.69	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
324	vrachtwagen	112707.70	513720.97	1.50	0.00	0.00	360.00	20.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
325	vrachtwagen	112729.61	513774.89	1.50	0.00	0.00	360.00	20.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
326	vrachtwagen	112708.82	513812.51	1.50	0.00	0.00	360.00	17.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
327	vrachtwagen	112656.39	513833.58	1.50	0.00	0.00	360.00	20.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
328	vrachtwagen	112606.35	513855.71	1.50	0.00	0.00	360.00	20.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
329	vrachtwagen	112555.39	513876.93	1.50	0.00	0.00	360.00	17.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
330	vrachtwagen	112503.80	513897.65	1.50	0.00	0.00	360.00	20.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
331	vrachtwagen	112474.22	513869.63	1.50	0.00	0.00	360.00	20.00	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
332	vrachtwagen	112392.91	513776.02	1.50	0.00	0.00	360.00	9.78	13.19	19.21	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
333	vrachtwagen	112373.02	513717.81	1.50	0.00	0.00	360.00	9.78	13.19	19.21	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
334	vrachtwagen	112420.74	513685.37	1.50	0.00	0.00	360.00	8.63	11.08	17.45	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
336	vrachtwagen	112472.23	513663.61	1.50	0.00	0.00	360.00	11.94	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
338	vrachtwagen	112560.23	513627.81	1.50	0.00	0.00	360.00	11.94	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
340	vrachtwagen	112675.52	513594.13	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
341	vrachtwagen	112731.64	513584.09	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
342	vrachtwagen	112752.21	513639.21	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
343	vrachtwagen	112685.14	513655.52	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
344	vrachtwagen	112535.36	513698.95	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	20.97	23.98	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
321	vrachtwagen	112566.70	513758.20	1.50	0.00	0.00	360.00	14.69	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
335	vracht+veeg	112452.10	513741.65	1.50	0.00	0.00	360.00	9.78	11.08	17.45	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
339	vrachtwagen	112616.45	513603.97	1.50	0.00	0.00	360.00	11.94	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
337	vrachtwagen	112516.63	513645.72	1.50	0.00	0.00	360.00	11.94	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
348	bus/pers.wag	112623.58	513987.98	1.50	0.00	0.00	360.00	14.00	--	--	0.00	69.00	81.00	80.00	84.00	88.00	90.00	90.00	86.00	95.46
349	bus/pers.wag	112631.87	513930.65	1.50	0.00	0.00	360.00	14.00	--	--	0.00	69.00	81.00	80.00	84.00	88.00	90.00	90.00	86.00	95.46
363	l.vrachtw.	112459.61	513979.38	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
364	l.vrachtw.	112459.79	513928.86	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
365	l.vrachtw.	112439.68	513872.47	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
366	l.vrachtw.	112416.87	513815.57	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
367	l.vrachtw.	112455.19	513781.62	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
368	I.vrachtw.	112392.15	513774.18	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
369	I.vrachtw.	112372.25	513715.96	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
370	I.vrachtw.	112418.89	513686.14	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
372	I.vrachtw.	112474.08	513662.85	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
371	I.vrachtw.	112453.19	513739.03	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	73.50	85.50	84.50	88.50	92.50	94.50	94.50	90.50	99.96
501	Vrachtwagen - slakken	112892.11	513650.18	1.50	0.00	0.00	360.00	16.80	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
518	Vrachtwagen - slakken	112727.37	513637.44	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
499	Vrachtwagen - slakken	112847.00	513643.00	1.50	0.00	0.00	360.00	16.80	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
502	Vrachtwagen - slakken	112870.00	513653.00	1.50	0.00	0.00	360.00	16.80	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
503	Vrachtwagen - slakken	112846.00	513651.00	1.50	0.00	0.00	360.00	16.80	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
515	Vrachtwagen - slakken	112721.31	513559.00	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
516	Vrachtwagen - slakken	112666.91	513584.56	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
517	Vrachtwagen - slakken	112683.95	513625.20	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
514	Vrachtwagen - slakken	112779.64	513553.10	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
513	Vrachtwagen - slakken	112801.27	513588.49	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	16.99	20.00	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
524	Vrachtwagen - slakken	112824.86	513633.06	1.50	0.00	0.00	360.00	10.97	--	--	0.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
508	Vrachtwagen - huisvuil	112880.30	513760.21	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
509	Vrachtwagen - huisvuil	112898.17	513748.79	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
510	Vrachtwagen - huisvuil	112894.71	513725.02	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
511	Vrachtwagen - huisvuil	112889.88	513699.72	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
512	Vrachtwagen - huisvuil	112885.10	513673.86	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
504	Vrachtwagen - huisvuil	112858.00	513666.00	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
505	Vrachtwagen - huisvuil	112862.00	513692.00	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
507	Vrachtwagen - huisvuil	112869.00	513741.00	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
506	Vrachtwagen - huisvuil	112866.00	513717.00	1.50	0.00	0.00	360.00	20.80	21.10	27.90	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
519	Vrachtwagen - huisvuil	112673.41	513580.98	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
520	Vrachtwagen - huisvuil	112727.87	513556.61	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
521	Vrachtwagen - huisvuil	112776.07	513545.17	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
522	Vrachtwagen - huisvuil	112802.74	513592.69	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
523	Vrachtwagen - huisvuil	112827.32	513637.91	1.50	0.00	0.00	360.00	14.95	15.23	22.22	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
500	Vrachtwagen - afval naar Sortiva	112872.77	513620.88	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
628	Vrachtwagen - afval naar Sortiva	112854.85	513565.27	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
629	Vrachtwagen - afval naar Sortiva	112831.01	513505.98	1.50	0.00	0.00	360.00	16.99	--	--	0.00	74.00	88.50	94.00	98.00	100.00	100.00	95.00	90.00	105.28
531	Schoorsteen 4de lijn	112701.40	513763.08	80.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.00	81.00	78.00	74.00	74.00	73.00	78.00	73.00	89.26
535	Luco 4de lijn	112593.14	513711.93	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.00	86.00	91.00	96.00	99.00	92.00	82.00	68.00	101.87
532	Rookgaskanaal	112697.43	513779.53	4.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.00	69.00	64.00	64.00	46.00	48.00	37.00	31.00	73.23
630	Wako 4e lijn	112589.81	513712.73	5.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.00	77.00	82.00	87.00	90.00	83.00	73.00	57.00	92.87
404	Noordgevel ketelhuis	112592.25	513846.35	34.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.40	72.20	59.10	56.20	51.20	43.50	35.30	22.90	72.75
402	Noordgevel ketelhuis	112592.21	513846.35	12.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.40	72.20	59.10	56.20	51.20	42.50	35.30	22.90	72.75
405	Noordgevel E-filtergebouw	112616.37	513836.81	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.80	70.60	57.50	54.60	49.60	40.90	33.70	21.30	71.15
411	Noordgevel rgr5	112639.15	513827.20	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.60	69.40	56.30	53.40	48.40	39.70	32.50	20.10	69.95
414	Noordgevel rgr7	112651.56	513822.16	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.40	71.20	58.10	55.20	50.20	41.50	34.30	21.90	71.75
419	Noordgevel rgr9	112662.05	513818.03	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.60	70.40	57.30	54.40	49.40	40.70	33.50	21.10	70.95
422	Noordgevel rgr11	112670.43	513814.48	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.90	67.70	54.60	51.70	46.70	38.00	30.80	18.40	68.25
424	Noordgevel rgr11	112678.95	513810.97	20.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.50	68.30	55.20	52.30	47.30	38.60	31.40	19.00	68.85
594	Beglazing noordgevel	112687.46	513808.61	20.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.20	59.00	58.40	56.00	47.00	52.30	42.10	27.70	63.35
595	Beglazing noordgevel	112676.31	513813.10	22.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.50	59.30	58.70	56.30	47.30	52.60	42.40	28.00	63.65
598	Beglazing noordgevel	112633.24	513830.94	20.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.80	60.60	60.00	57.60	48.60	53.90	43.70	29.30	64.95



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
597	Beglazing noordgevel	112656.32	513821.25	20.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.20	60.00	59.40	57.00	48.00	53.30	43.10	28.70	64.35
596	Beglazing noordgevel	112667.49	513816.36	24.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.10	59.90	59.30	56.90	47.90	53.20	43.00	28.60	64.25
599	Beglazing noordgevel	112605.21	513842.03	20.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.00	60.80	60.20	57.80	48.80	54.10	43.90	29.50	65.15
600	Noordgevel; lamellen rooster	112687.46	513808.60	8.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	59.80	57.90	51.90	54.20	55.00	47.60	68.07
601	Noordgevel; lamellen rooster	112676.31	513813.06	8.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	59.80	57.90	51.90	54.20	55.00	47.60	68.07
602	Noordgevel; lamellen rooster	112667.67	513816.32	8.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	59.80	57.90	51.90	54.20	55.00	47.60	68.07
603	Noordgevel; lamellen rooster	112656.36	513821.22	8.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	59.80	57.90	51.90	54.20	55.00	47.60	68.07
604	Noordgevel; lamellen rooster	112633.27	513830.99	8.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	59.80	57.90	51.90	54.20	55.00	47.60	68.07
605	Noordgevel; lamellen rooster	112605.15	513842.15	8.00	0.00	115.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	59.80	57.90	51.90	54.20	55.00	47.60	68.07
606	Oostgevel 4e lijn; lamellen roosters (2)	112683.38	513798.20	2.50	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.10	74.90	68.80	66.90	60.90	63.20	64.00	56.60	77.07
533	E-filter 4e lijn	112609.56	513827.97	31.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.90	70.50	77.90	78.90	78.80	78.10	72.70	60.40	84.94
542	Rooster ketelhuis 4e lijn	112583.53	513836.16	42.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.10	70.90	71.80	71.90	68.90	65.20	57.00	48.60	77.45
540	Dakvlak ketelhuis 4e lijn	112579.63	513837.71	42.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.80	78.40	74.20	72.00	76.30	72.00	69.00	64.00	82.74
541	Lichtstraat ketelhuis 4e lijn	112573.14	513840.05	42.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.10	70.90	66.80	66.90	60.90	55.20	46.00	32.60	73.82
621	Koeler aquaroll	112602.48	513821.36	32.00	0.00	0.00	360.00	--	--	--	0.00	67.00	68.00	79.00	81.00	78.00	74.00	67.00	66.00	84.97
622	Koeler aquaroll	112605.77	513820.08	32.00	0.00	0.00	360.00	--	--	--	0.00	67.00	68.00	79.00	81.00	78.00	74.00	67.00	66.00	84.97
539	Drycoolers (2) 4e lijn	112608.80	513836.10	2.00	30.00	0.00	360.00	3.01	3.01	3.01	0.00	78.50	82.80	87.50	88.20	85.50	81.10	73.80	63.40	93.00
608	Aanzuigroosters ketelhuis 4e lijn	112592.32	513846.45	6.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.10	75.90	70.80	68.90	63.90	64.20	65.00	57.60	78.40
609	Aanzuigroosters 4e lijn	112628.53	513831.85	6.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.40	67.20	62.10	60.20	55.00	55.50	56.30	48.90	69.69
610	Aanzuigroosters 4e lijn	112644.42	513825.29	6.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.10	71.90	66.80	64.90	59.90	60.20	61.00	53.60	74.40
611	Aanzuigroosters 4e lijn	112662.34	513818.44	6.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.60	68.40	63.30	61.40	56.40	56.70	57.50	50.10	70.90
612	Aanzuigroosters 4e lijn	112672.62	513813.89	6.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10	65.90	60.80	58.90	53.90	54.20	55.00	47.60	68.40
613	Aanzuigroosters 4e lijn	112682.74	513809.63	6.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.90	66.70	61.60	59.70	54.70	55.00	55.80	48.40	69.20
614	Uitlaatroosters compressoren 4e lijn	112658.10	513819.80	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.10	65.90	67.80	73.90	73.90	72.20	66.00	53.60	79.03

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
409	Oostgevel 4e lijn	112683.02	513796.74	18.50	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.10	70.90	57.80	54.90	49.90	41.20	34.00	21.60	71.45
615	Ventilatiekanaal ketelhuis 4e lijn	112573.70	513835.03	42.50	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.90	56.70	51.60	49.70	44.70	45.00	45.80	38.40	59.20
616	Lichtkoepel 4e lijn; rgr	112635.67	513818.13	33.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.10	74.90	70.80	70.90	64.90	59.20	50.00	36.60	77.82
617	Lichtkoepel 4e lijn; rgr	112650.79	513813.74	28.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.60	73.40	69.30	69.40	63.40	57.70	48.50	35.10	76.32
618	Lichtkoepel 4e lijn; rgr	112665.36	513801.09	28.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.10	66.90	62.80	62.90	56.90	51.20	42.00	28.60	69.82
619	Lichtkoepel 4e lijn; rgr	112674.98	513795.59	28.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.10	67.90	63.80	63.90	57.90	52.20	43.00	29.60	70.82
550	turbinegebouw gevel oost bg	112559.65	513705.75	3.50	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.10	50.90	49.80	53.90	48.90	37.20	26.00	8.60	57.43
623	Glasstrook zijgevel turbinegebouw	112561.74	513710.40	15.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.40	60.20	59.60	57.20	48.20	53.50	43.30	28.90	64.55
624	Glasstrook zijgevel turbinegebouw	112539.52	513719.71	15.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.40	60.20	59.60	57.20	48.20	53.50	43.30	28.90	64.55
625	Glasstrook dak turbinegebouw	112550.23	513714.78	24.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.10	60.90	60.30	57.90	48.90	54.20	44.00	29.60	65.25
556	afzuig.turb.	112541.67	513713.10	23.60	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.60	71.30	68.80	64.70	61.40	63.80	58.40	50.10	74.59
557	afzuig.turb.	112546.74	513711.10	23.60	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.60	71.30	68.80	64.70	61.40	63.80	58.40	50.10	74.59
558	afzuig.turb.	112551.09	513709.47	23.60	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.60	71.30	68.80	64.70	61.40	63.80	58.40	50.10	74.59
559	afzuig.turb.	112555.81	513707.66	23.60	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.60	71.30	68.80	64.70	61.40	63.80	58.40	50.10	74.59
626	Turbinegebouw 4e lijn; dakvlak	112548.72	513710.40	22.60	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.90	59.70	61.60	65.70	60.70	51.00	39.80	27.40	68.73
553	turbinegebouw gevel west	112537.29	513714.60	15.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.10	50.90	49.80	53.90	48.90	37.20	26.00	8.60	57.43
548	turbinegebouw gevel zuid	112545.77	513704.86	15.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.40	55.20	54.10	58.20	53.20	41.50	30.30	12.90	61.73
560	beglazing turbinegebouw zuid	112546.32	513704.64	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.90	56.70	56.10	53.70	44.70	50.00	39.80	25.40	61.05
561	rooster turbinegebouw zuid	112546.76	513704.45	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.10	72.90	66.80	64.90	58.90	61.20	62.00	54.60	75.07
627	Ketelhuis 4e lijn; stoomventiel	112569.20	513844.64	43.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.20	67.30	64.80	64.20	61.40	66.60	77.40	74.30	79.98
536	Dakvlak rgr 4e lijn	112624.29	513819.99	39.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.10	65.10	65.80	67.10	60.20	48.50	40.70	33.90	71.44
543	Dakvlak rgr 4e lijn	112650.46	513806.57	28.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.90	72.90	73.70	76.20	69.80	64.60	60.00	49.40	80.09
620	Koeler aquaroll	112604.04	513820.97	32.00	0.00	0.00	360.00	--	--	--	0.00	67.00	68.00	79.00	81.00	78.00	74.00	67.00	66.00	84.97
538	bunker1	112540.12	513860.19	29.30	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.60	74.60	69.60	60.40	59.10	54.10	49.10	42.10	76.93



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
537	bunker1	112554.08	513855.06	35.10	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.90	76.90	74.90	75.90	78.90	63.00	55.00	45.20	83.15
562	rooster turbinegebouw oost	112559.49	513705.22	10.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.40	64.00	65.20	61.90	61.70	64.20	64.20	61.00	71.96
534	E-filter 4e lijn	112615.40	513825.20	31.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.90	70.50	77.90	78.90	78.80	78.10	72.70	60.40	84.94
bmc01	zuidgevel machinehuis	112640.46	513714.22	17.00	0.14	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	64.93	76.13	79.23	78.73	73.13	68.33	68.53	63.33	62.23	83.82
bmc02	oostgevel machinehuis	112655.87	513717.51	17.00	0.19	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	63.23	74.43	77.53	77.03	71.43	66.63	66.83	61.63	60.53	82.12
bmc03	westgevel machinehuis	112632.72	513728.57	17.00	0.10	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	63.23	74.43	77.53	77.03	71.43	66.63	66.83	61.63	60.53	82.12
bmc04	dak machinehuis	112644.07	513722.54	0.10	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	63.38	74.58	77.68	77.18	71.58	66.78	66.98	61.78	60.68	82.27
bmc05	noordgevel ketelhuis	112656.31	513755.05	29.00	0.15	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	76.86	77.86	81.96	82.96	75.96	69.96	66.96	56.96	53.96	87.16
bmc06	zuidgevel ketelhuis	112647.02	513730.63	12.00	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	72.70	73.70	77.80	78.80	71.80	65.80	62.80	52.80	49.80	83.00
bmc07	oostgevel ketelhuis	112663.95	513737.84	29.00	0.19	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	76.49	77.49	81.59	82.59	75.59	69.59	66.59	56.59	53.59	86.79
bmc08	westgevel ketelhuis	112640.23	513747.23	29.00	0.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	76.49	77.49	81.59	82.59	75.59	69.59	66.59	56.59	53.59	86.79
bmc09	dak ketelhuis	112652.56	513741.92	0.10	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	74.30	75.30	79.40	80.40	73.40	67.40	64.40	54.40	51.40	84.60
bmc10	noordgevel opslaghal d/n	112804.43	513764.47	12.00	0.28	0.00	360.00	0.00	--	9.03	21.43	52.63	76.73	83.23	84.63	85.83	82.03	73.83	64.73	90.48
bmc11	zuidgevel opslaghal d/n	112793.45	513729.13	12.00	0.31	0.00	360.00	0.00	--	9.03	21.43	52.63	76.73	83.23	84.63	85.83	82.03	73.83	64.73	90.48
bmc12	oostgevel opslaghal d/n	112844.31	513729.55	12.00	0.51	0.00	360.00	0.00	--	9.03	15.99	47.19	71.29	77.79	79.19	80.39	76.59	68.39	59.29	85.04
bmc13	dak opslaghal d/n	112800.46	513747.51	0.10	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	27.58	58.78	82.88	89.38	90.78	91.98	88.18	79.98	70.88	96.63
bmc14	deur opslaghal d/n	112839.57	513717.25	3.30	0.51	0.00	360.00	0.00	--	9.03	8.28	40.48	65.58	73.08	77.48	81.68	80.88	75.68	69.58	85.97
bmc15	noordgevel opslaghal a/n	112807.03	513763.47	12.00	0.29	0.00	360.00	--	0.00	0.58	12.43	43.63	67.73	74.23	75.63	76.83	73.03	64.83	55.73	81.48
bmc16	zuidgevel opslaghal a/n	112796.36	513728.01	12.00	0.32	0.00	360.00	--	0.00	0.58	12.43	43.63	67.73	74.23	75.63	76.83	73.03	64.83	55.73	81.48
bmc17	oostgevel opslaghal a/n	112845.50	513732.65	12.00	0.52	0.00	360.00	--	0.00	0.58	7.43	38.63	62.73	69.23	70.63	71.83	68.03	59.83	50.73	76.48
bmc18	dak opslaghal a/n	112802.64	513745.88	0.10	15.38	0.00	360.00	--	0.00	0.58	18.58	49.78	73.88	80.38	81.78	82.98	79.18	70.98	61.88	87.63
bmc19	noordgevel ontvangsthal d/n	112753.37	513784.12	12.00	0.43	0.00	360.00	0.00	--	9.03	16.61	47.81	71.91	78.41	79.81	81.01	77.21	69.01	59.91	85.66
bmc20	zuidgevel ontvangsthal d/n	112739.95	513749.71	12.00	0.42	0.00	360.00	0.00	--	9.03	16.61	47.81	71.91	78.41	79.81	81.01	77.21	69.01	59.91	85.66
bmc21	dak ontvangsthal d/n	112748.49	513765.14	0.10	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	22.75	53.95	78.05	84.55	85.95	87.15	83.35	75.15	66.05	91.80

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
bmc22	westgevel ontvangsthal d/n	112734.53	513772.18	12.00	0.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	16.42	47.62	71.72	78.22	79.62	80.82	77.02	68.82	59.72	85.47
bmc23	deur ontvangsthal d/n	112731.76	513764.98	3.30	0.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	8.28	40.48	65.58	73.08	77.48	81.68	80.88	75.68	69.58	85.97
bmc24	deur ontvangsthal d/n	112736.03	513776.06	3.30	0.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	8.28	40.48	65.58	73.08	77.48	81.68	80.88	75.68	69.58	85.97
bmc25	deur ontvangsthal d/n	112738.99	513783.77	3.30	0.39	0.00	360.00	0.00	--	9.03	8.28	40.48	65.58	73.08	77.48	81.68	80.88	75.68	69.58	85.97
bmc26	noordgevel ontvangshal a/n	112755.86	513783.16	12.00	0.44	0.00	360.00	--	0.00	0.58	7.61	38.81	62.91	69.41	70.81	72.01	68.21	60.01	50.91	76.66
bmc27	zuidgevel ontvangshal a/n	112742.41	513748.76	12.00	0.43	0.00	360.00	--	0.00	0.58	7.61	38.81	62.91	69.41	70.81	72.01	68.21	60.01	50.91	76.66
bmc28	dak ontvangshal a/n	112751.22	513764.59	0.10	15.38	0.00	360.00	--	0.00	0.58	13.75	44.95	69.05	75.55	76.95	78.15	74.35	66.15	57.05	82.80
bmc29	westgevel ontvangshal a/n	112735.49	513774.68	12.00	0.38	0.00	360.00	--	0.00	0.58	8.52	39.72	63.82	70.32	71.72	72.92	69.12	60.92	51.82	77.57
bmc30	mondig schoorsteen	112687.93	513740.85	80.00	0.27	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.40	80.40	84.40	86.40	84.40	80.40	75.40	71.40	91.02
bmc43	zuigtrekventilator	112693.06	513734.18	5.30	0.30	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	62.20	65.30	72.20	76.20	80.20	85.20	79.20	76.20	64.20	87.97
bmc62	bulkwagen lossen hulpstoffen	112675.75	513742.33	1.00	0.23	0.00	360.00	7.78	--	--	71.40	81.20	88.50	85.60	90.80	95.80	94.80	90.20	80.60	100.17
bmc63	noordgevel rgr	112679.81	513736.34	13.30	0.25	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	72.60	74.40	74.50	72.70	67.70	60.20	58.50	48.30	49.60	80.02
bmc64	zuidgevel rgr	112676.14	513726.28	13.30	0.24	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	72.60	74.40	74.50	72.70	67.70	60.20	58.50	48.30	49.60	80.02
bmc65	oostgevel rgr	112688.95	513726.82	13.30	0.28	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	68.71	70.51	70.61	68.81	63.81	56.31	54.61	44.41	45.71	76.13
bmc66	westgevel rgr	112666.73	513735.62	13.30	0.20	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	68.71	70.51	70.61	68.81	63.81	56.31	54.61	44.41	45.71	76.13
bmc67	dak rgr	112678.33	513731.58	0.10	20.28	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	69.59	71.39	71.49	69.69	64.69	57.19	55.49	45.29	46.59	77.01
bmc72c	Stationair draaien I	112900.66	513832.52	1.00	0.00	0.00	360.00	8.57	--	--	0.00	70.00	75.00	79.00	88.00	94.00	93.00	88.00	77.00	97.74
bmc31	dakventilator ontvangsthal	112749.35	513776.11	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc32	dakventilator ontvangsthal	112741.87	513758.05	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc33	dakventilator ontvangsthal	112746.25	513768.27	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc34	dakventilator opslaghal	112777.44	513769.57	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc35	dakventilator opslaghal	112774.16	513759.94	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc36	dakventilator opslaghal	112767.80	513746.61	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc37	dakventilator opslaghal	112803.48	513759.94	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
bmc38	dakventilator opslaghal	112799.59	513749.07	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc39	dakventilator opslaghal	112796.10	513736.77	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc40	dakventilator opslaghal	112831.99	513750.50	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc41	dakventilator opslaghal	112826.86	513737.79	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc42	dakventilator opslaghal	112821.32	513726.51	0.50	15.38	0.00	360.00	0.00	--	9.03	46.50	62.70	72.80	70.30	65.70	71.90	70.10	63.90	57.80	78.07
bmc44	dakventilator machinehal	112638.91	513730.08	0.50	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	45.80	62.00	70.10	74.60	80.00	81.20	81.40	79.20	71.10	87.05
bmc45	dakventilator machinehal	112637.25	513725.14	0.50	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	45.80	62.00	70.10	74.60	80.00	81.20	81.40	79.20	71.10	87.05
bmc46	dakventilator machinehal	112635.54	513720.62	0.50	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	45.80	62.00	70.10	74.60	80.00	81.20	81.40	79.20	71.10	87.05
bmc47	dakventilator machinehal	112650.33	513726.37	0.50	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	45.80	62.00	70.10	74.60	80.00	81.20	81.40	79.20	71.10	87.05
bmc48	dakventilator machinehal	112649.31	513721.37	0.50	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	45.80	62.00	70.10	74.60	80.00	81.20	81.40	79.20	71.10	87.05
bmc49	dakventilator machinehal	112646.84	513716.03	0.50	25.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	45.80	62.00	70.10	74.60	80.00	81.20	81.40	79.20	71.10	87.05
bmc50	dakventilator ketelhuis	112647.69	513753.19	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc51	dakventilator ketelhuis	112645.51	513745.71	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc52	dakventilator ketelhuis	112642.52	513737.69	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc53	dakventilator ketelhuis	112656.19	513751.02	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc54	dakventilator ketelhuis	112653.13	513743.40	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc55	dakventilator ketelhuis	112650.81	513735.31	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc56	dakventilator ketelhuis	112663.74	513748.03	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc57	dakventilator ketelhuis	112661.29	513741.02	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc58	dakventilator ketelhuis	112658.36	513733.00	0.50	43.11	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	55.00	61.00	70.10	76.10	80.10	80.10	77.10	70.10	60.10	85.05
bmc59	ventilator luchtcondensor	112666.29	513722.60	17.00	0.22	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	54.50	75.60	85.70	89.20	91.60	91.80	85.00	80.80	74.70	96.69
bmc60	ventilator luchtcondensor	112678.11	513718.66	17.00	0.26	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	54.50	75.60	85.70	89.20	91.60	91.80	85.00	80.80	74.70	96.69
bmc61	ventilator luchtcondensor	112690.32	513714.35	17.00	0.30	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	54.50	75.60	85.70	89.20	91.60	91.80	85.00	80.80	74.70	96.69
001	Kadekraan	112919.79	513797.84	10.00	0.00	0.00	360.00	4.77	15.10	18.10	63.00	74.00	86.00	89.00	92.00	99.00	89.00	84.00	74.00	100.73

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
002	Kadekraan	112924.31	513828.12	10.00	0.00	0.00	360.00	4.77	12.00	15.10	63.00	74.00	86.00	89.00	92.00	99.00	89.00	84.00	74.00	100.73
003	Kadekraan	112929.28	513859.14	10.00	0.00	0.00	360.00	4.77	15.10	18.10	63.00	74.00	86.00	89.00	92.00	99.00	89.00	84.00	74.00	100.73
004	Vallen puin in depot	112906.41	513800.07	4.00	0.00	0.00	360.00	11.76	22.00	25.00	0.00	82.00	84.00	87.00	92.00	95.00	93.00	94.00	95.00	101.25
005	Vallen puin in depot	112914.06	513842.80	4.00	0.00	0.00	360.00	8.75	22.00	25.00	0.00	82.00	84.00	87.00	92.00	95.00	93.00	94.00	95.00	101.25
006	vallen puin	112929.68	513905.66	4.00	0.00	0.00	360.00	6.99	--	--	0.00	82.00	84.00	87.00	92.00	95.00	93.00	94.00	95.00	101.25
007	transportband	112909.09	513814.79	2.50	0.00	0.00	360.00	3.01	9.00	12.00	0.00	67.00	81.00	79.00	86.00	85.00	79.00	75.00	72.00	90.22
008	transportband	112916.67	513869.66	2.50	0.00	0.00	360.00	3.01	9.00	12.00	0.00	67.00	81.00	79.00	86.00	85.00	79.00	75.00	72.00	90.22
009	transportband	112890.81	513817.91	2.50	0.00	0.00	360.00	3.01	9.00	12.00	0.00	67.00	81.00	79.00	86.00	85.00	79.00	75.00	72.00	90.22
010	transportband	112904.14	513871.81	2.50	0.00	0.00	360.00	3.01	9.00	12.00	0.00	67.00	81.00	79.00	86.00	85.00	79.00	75.00	72.00	90.22
011	beladen vrachtwagen	112884.57	513818.80	2.00	0.00	0.00	360.00	6.02	16.02	19.03	0.00	78.00	88.00	87.00	91.00	93.00	87.00	84.00	82.00	97.29
012	beladen vrachtwagen	112900.52	513872.12	2.00	0.00	0.00	360.00	6.81	16.02	19.03	0.00	78.00	88.00	87.00	91.00	93.00	87.00	84.00	82.00	97.29
013	Stationair draaien II	112896.96	513872.56	1.00	0.00	0.00	360.00	7.80	13.80	16.80	0.00	70.00	75.00	79.00	88.00	94.00	93.00	88.00	77.00	97.74
014	Stationair draaien I	112881.89	513819.69	1.00	0.00	0.00	360.00	6.00	12.00	15.10	0.00	70.00	75.00	79.00	88.00	94.00	93.00	88.00	77.00	97.74
015	Schip	112936.52	513825.80	4.00	0.00	0.00	360.00	13.80	15.10	18.10	65.00	83.00	86.00	87.00	90.00	95.00	96.00	91.00	82.00	100.28
016	Schip	112944.95	513910.29	4.00	0.00	0.00	360.00	13.80	15.10	18.10	65.00	83.00	86.00	87.00	90.00	95.00	96.00	91.00	82.00	100.28
017	hydr.kraan	112935.65	513912.54	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	--	--	0.00	72.80	86.90	97.40	99.80	102.00	99.20	94.00	83.90	106.28
991	gasmotoren, omkast 3x	112676.82	513719.06	2.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	62.00	74.00	85.00	90.00	88.00	84.00	82.00	81.00	65.00	94.00
992	milena/olga	112638.81	513689.31	5.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	60.00	76.00	88.00	93.00	91.00	87.00	85.00	84.00	73.00	97.00
995	stoomleiding AVI-BEC	112598.56	513709.85	8.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	28.00	43.00	63.00	72.00	77.00	73.00	71.00	55.00	42.00	80.04
996	cond. leiding BEC-AVI	112598.29	513707.99	8.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	16.00	35.00	57.00	67.00	75.00	76.00	83.00	76.00	60.00	85.01
002	cont.wissel	112482.18	513834.11	1.50	0.00	0.00	360.00	--	3.80	12.67	0.00	77.90	88.60	91.10	99.30	100.30	97.90	92.10	86.80	104.71
001	cont.wissel	112481.94	513845.53	1.50	0.00	0.00	360.00	--	3.80	12.67	0.00	77.90	88.60	91.10	99.30	100.30	97.90	92.10	86.80	104.71
345b	cont.wissel LZV	112398.01	513736.22	1.50	0.00	0.00	360.00	10.79	6.02	9.03	0.00	77.90	88.60	91.10	99.30	100.30	97.90	92.10	86.80	104.71
999	BAWI	112657.76	513656.85	5.00	0.25	0.00	360.00	0.00	--	--	81.10	89.30	89.00	93.80	98.30	101.60	100.90	99.80	100.60	107.69



Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Richt.	Hoek	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
701	tafelkoeler CO2 afvang	112666.92	513739.40	16.00	0.20	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	60.00	71.00	73.00	81.00	80.00	84.00	82.00	81.00	77.00	89.27
702	tafelkoeler CO2 vervloeiing	112669.03	513722.06	3.00	0.23	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	56.00	67.00	69.00	77.00	76.00	80.00	78.00	77.00	73.00	85.27
703	blower ventilator CO2 dosering	112664.01	513724.58	4.00	0.21	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.00	70.00	76.00	81.00	79.00	75.00	69.00	61.00	84.73
801	capture plant blowers	112731.28	513711	0.0	0.4	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	38.00	48.00	66.00	75.00	81.00	83.00	82.00	79.00	74.00	87.95
802	capture plant coolers	112744.33	513706.16	0.0	0.5	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	72.30	77.30	85.30	89.30	92.30	92.30	90.30	89.30	83.30	98.32
803	capture plant pumps	112743.04	513711.32	0.0	0.5	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	49.60	59.60	77.60	86.60	92.60	94.60	93.60	90.60	85.60	99.55
811	LCO2 plant compressors	112759.96	513697.14	0.0	0.5	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	72.90	79.20	85.70	86.80	85.20	81.00	79.30	79.20	79.20	92.20
812	LCO2 plant cooling tower	112782.83	513695.37	10.0	0.6	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	68.00	73.00	81.00	85.00	88.00	88.00	86.00	85.00	79.00	94.02
813	LCO2 plant vent	112781.22	513691.82	10.0	0.6	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	47.00	57.00	75.00	80.00	82.00	82.00	81.00	77.00	70.00	88.03
814	LCO2 plant pumps	112792.18	513691.18	1.0	0.4	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	35.00	45.00	63.00	72.00	78.00	80.00	79.00	76.00	71.00	84.95

lijst van lijnbronnen

id	omschrijving	groep	X-1	Y-1	M-1	H-1	lengte	nodes	puntbr	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr125	Lwr250	Lwr500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	LwrTot
bmc69	transportband totaal	BEC	112658.97	513754.69	0.00	31.50	98.35	2	5	0.00	0.00	0.00	69.00	80.00	83.00	86.00	90.00	88.00	82.00	73.00	63.00	94.01

lijst van mobiele bronnen

Naam	Omschr.	X-1	Y-1	Lengte	Aantal(D)	Aantal(A)	Aantal(N)	Gem.snelheid	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
bmc70	vrachtwagens aan/afvoer	112439.42	513986.63	1209.85	43	--	7	20	49.40	62.30	76.00	88.50	94.90	101.60	101.00	91.60	83.70	105.13
bmc71	vrachtwagens opslaghal	112720.93	513749.52	160.05	16	--	4	20	49.40	62.30	76.00	88.50	94.90	101.60	101.00	91.60	83.70	105.13
bmc72b	vrachtwagens rijden	112736.35	513779.74	398.67	50	--	--	5	69.00	75.00	87.00	88.00	93.00	98.00	101.00	100.00	85.00	105.10
020	rijden vrachtwagens I	112843.36	513808.33	112.45	75	6	6	5	67.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
021	rijden vrachtwagens II	112841.70	513809.04	214.55	75	6	6	5	67.00	73.00	85.00	86.00	91.00	96.00	99.00	98.00	83.00	103.10
003	vrachtwagen aanvoer afval	112438.28	513988.17	1012.58	--	100	26	15	49.40	62.30	76.00	88.50	94.90	101.60	101.00	91.60	83.70	105.13
1301	parkeerplaats lijnstop	112807.15	513811.23	244.16	60	--	60	15	--	69.00	81.00	80.00	84.00	88.00	90.00	90.00	86.00	95.46
1302	parkeerplaats X	112623.60	514014.35	546.13	75	--	5	15	--	69.00	81.00	80.00	84.00	88.00	90.00	90.00	86.00	95.46
909	vw aanvoer slakken	112438.48	513988.27	963.33	48	--	--	20	49.40	62.30	76.00	88.50	94.90	101.60	101.00	91.60	83.70	105.13
820	CO2 afvang 2019	112818.10	513508.50	564.93	11	3	-	30	61.10	76.80	84.60	89.90	95.60	97.60	95.30	88.90	78.20	101.74



Bijlage C

Bijdrage-analyse

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal	Li
01 HVC_A	controlepunt 1	5.00	17.9	17.9	17.8	27.8	36.0
802	capture plant coolers	10.00	13.5	13.5	13.5	23.5	17.7
811	LCO2 plant compressors	3.00	11.6	11.6	11.6	21.6	16.2
812	LCO2 plant cooling tower	10.00	10.8	10.8	10.8	20.8	15.0
803	capture plant pumps	1.00	9.0	9.0	9.0	19.0	13.7
813	LCO2 plant vent	10.00	4.2	4.2	4.2	14.2	8.4
801	capture plant blowers	2.00	-1.0	-1.0	-1.0	9.0	3.6
814	LCO2 plant pumps	1.00	-4.0	-4.0	-4.0	6.0	0.7
820	vrachtwagen LCO2	1.00	-0.2	-1.0	--	4.0	35.8



Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal	Li
02 HVC_A	controlepunt 2 (WD 15, MTG 59)	5.00	41.8	41.8	41.7	51.7	58.6
802	capture plant coolers	10.00	37.7	37.7	37.7	47.7	40.0
803	capture plant pumps	1.00	35.6	35.6	35.6	45.6	39.5
812	LCO2 plant cooling tower	10.00	34.5	34.5	34.5	44.5	36.4
811	LCO2 plant compressors	3.00	31.2	31.2	31.2	41.2	34.7
813	LCO2 plant vent	10.00	28.2	28.2	28.2	38.2	30.0
801	capture plant blowers	2.00	25.2	25.2	25.2	35.2	29.0
814	LCO2 plant pumps	1.00	22.6	22.6	22.6	32.6	26.2
820	vrachtwagen LCO2	1.00	24.0	23.1	--	28.1	58.5

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal	Li
03 HVC_A	controlepunt 3 (zonegrens)	5.00	16.4	16.4	16.4	26.4	32.3
812	LCO2 plant cooling tower	10.00	13.2	13.2	13.2	23.2	17.4
802	capture plant coolers	10.00	8.9	8.9	8.9	18.9	13.1
811	LCO2 plant compressors	3.00	8.6	8.6	8.6	18.6	13.2
803	capture plant pumps	1.00	5.3	5.3	5.3	15.3	10.0
813	LCO2 plant vent	10.00	5.2	5.2	5.2	15.2	9.4
814	LCO2 plant pumps	1.00	-4.6	-4.6	-4.6	5.5	0.1
801	capture plant blowers	2.00	-7.2	-7.2	-7.2	2.8	-2.6
820	vrachtwagen LCO2	1.00	-4.0	-4.9	--	0.2	32.0

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal	Li
04 HVC_A	controlepunt 4 (WD 14a MTG 58)	5.00	33.9	33.9	33.8	43.8	54.1
802	capture plant coolers	10.00	30.7	30.7	30.7	40.7	33.4
812	LCO2 plant cooling tower	10.00	26.7	26.7	26.7	36.7	29.1
803	capture plant pumps	1.00	24.5	24.5	24.5	34.5	28.5
811	LCO2 plant compressors	3.00	24.5	24.5	24.5	34.5	28.2
813	LCO2 plant vent	10.00	20.9	20.9	20.9	30.9	23.4
814	LCO2 plant pumps	1.00	15.7	15.7	15.7	25.7	19.7
801	capture plant blowers	2.00	12.1	12.1	12.1	22.1	16.0
820	vrachtwagen LCO2	1.00	18.8	17.9	--	22.9	54.0



LCA CCU in de
glastuinbouw vanuit
Afvalenergiecentrales



CE Delft

Committed to the Environment

LCA CCU in de glastuinbouw vanuit Afvalenergiecentrales

Dit rapport is geschreven door:

Isabel Nieuwenhuijse

Sanne Nusselder

Delft, CE Delft, juli 2019

Publicatienummer: 19.7T31.106

LCA / Maatschappelijke factoren / Economische factoren / Glastuinbouw / Kooldioxide / Emissies / Reductie / Hergebruik / Milieu / Effecten

Opdrachtgever: OCAP CO2 B.V.

Uw kenmerk: 8101730546

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Sanne Nusselder](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	3
1	Introductie	6
	1.1 Aanleiding	6
	1.2 Doel van de studie	6
	1.3 CCU-projecten	6
	1.4 Levenscyclusanalyse en leeswijzer	8
2	Methodiek	9
	2.1 Doelstelling en afbakening	9
	2.2 Milieueffectcategorieën	11
	2.3 Multifunctioneel systeem	12
	2.4 Gegevensgebruik en datakwaliteit	13
	2.5 Gevoeligheidsanalyse	13
3	Inventarisatie	14
	3.1 CCU-projecten	14
	3.2 CO ₂ -afvang	18
	3.3 Nabewerkingsstap afgevangen CO ₂ bij AEC	19
	3.4 Liquefactie bij OCAP	20
	3.5 Transport van AEC naar glastuinbouw	20
	3.6 CO ₂ -benutting in de glastuinbouw	21
	3.7 Carbon Capture & Storage (CCS)	24
4	Resultaten	26
	4.1 LCA-resultaten voor de verschillende AECs	26
	4.2 Contributieanalyse	35
	4.3 Gevoeligheidsanalyse	38
5	Conclusie	40
6	Bibliografie	42



Samenvatting

Aanleiding

Op dit moment wordt door de drie afvalenergiecentrales in Nederland, AEB, AVR en HVC, CO₂ geëmitteerd. Door het afvangen van CO₂ en toepassing ervan in de glastuinbouw (CCU) of opslag ervan in lege gasvelden in de Noordzee (CCS) kunnen CO₂-emissies gereduceerd worden.

In 2018 heeft CE Delft voor een consortium van 22 partijen een Screening LCA (levenscyclusanalyse) en MKBA (maatschappelijke kosten- en batenanalyse) opgesteld voor diverse CO₂-afvang en benuttingsroutes (afgekort CCU, van carbon capture and utilization). De investeringsvoorbereiding is een stap verder waarbij er voor drie afvalenergiecentrales (AECs) een voorontwerp is gemaakt voor afvangen, transport en gebruik van CO₂ in de glastuinbouw. Hiermee is de behoefte ontstaan om de studie naar maatschappelijke kosten en baten en CO₂-reductie te updaten en concretiseren op basis van projectspecifieke gegevens. Onderdeel van dit project zijn een MKBA-rapportage en een LCA-rapportage naar de CO₂-reductie per ton CO₂ toegepast in de glastuinbouw van de voorgenomen investering. Dit is de LCA-rapportage.

Doel van de studie

Doel van deze studie is inzicht krijgen in de milieu-impact (klimaatverandering) van een CCU-systeem bij verschillende AECs, met toepassing van de afgevangen CO₂ in de glastuinbouw. In deze studie beantwoorden we de volgende vraag: *‘Wat is de gemiddelde CO₂-emissiereductie als 1 ton CO₂ wordt afgevangen en toegepast, ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ afgevangen wordt?’* Voor AVR Rijnmond, AEB Amsterdam en HVC Alkmaar is de CO₂-reductie ingeschat. De CO₂-reductie die behaald (kan) worden over de hele keten dient als input voor de MKBA-rapportage en is bepaald voor twee zichtjaren: 2024 en 2030.

Conclusies tot 2030

De CO₂ die toegevoegd wordt aan de kas leidt tot een reductie in CO₂-emissie door aardgasgebruik voor (1) CO₂ dosering in de zomer (zomerstook) en (2) het mogelijk maken van hernieuwbare warmtevoorziening. De CO₂-emissiereductie die behaald kan worden bij toepassing in de glastuinbouw komt in het geval van zomerstook volledig door het toevoegen van externe CO₂ in de glastuinbouw. In het geval dat er voor deze CO₂-emissiereductie ook hernieuwbare warmte benodigd is, kan een deel van de emissiereductie ook toegerekend worden aan het warmteproject. In laten we zien wat de CO₂-emissiereductie is bij toerekening van de reductie bij een hernieuwbaar warmteproject voor 0%, 50% of 100% aan de levering van externe CO₂.

In laat zien dat:

- Alle in dit project beschouwde CCU/CCS-routes leiden tot een reductie van CO₂-emissies, waarmee alle projectalternatieven ook leiden tot een reductie van impact op klimaatverandering, vergeleken met de situatie waarin de CO₂ niet wordt afgevangen.
- Het afvangen van 1.000 kg CO₂ bij de AECs leidt tot een netto CO₂-emissiereductie van tussen de 9 en 800 kg (bij 0% toerekening), 281 en 800 kg (bij 50% toerekening) of 553 en 800 kg (bij 100% toerekening).
- De emissiereductie bij CCS (opslag van CO₂ in de ondergrond) is hoger dan bij CCU omdat die emissiereductie volledig aan deze projecten kan worden toegerekend.



- De emissiereductie wordt veroorzaakt door de substitutie van de referentiesituatie, waarin (externe) fossiele CO₂ met name uit een aardgasketel wordt toegepast voor plantbemesting. Het feit dat in 2030 een lagere emissiereductie kan worden verkregen ten opzichte van de huidige situatie zonder CCU, komt doordat de referentie verandert in de tijd. Tuinders kunnen richting 2030 ook andere manieren vinden om hun CO₂-voorziening veilig te stellen zoals een biogasketel of een biomassaketel. In de toekomst wordt dus minder fossiele CO₂ gesubstitueerd dankzij CO₂ geleverd door de AECs dan in 2024.
- Voor afvang van CO₂ zijn grote hoeveelheden stoom vanaf hogere temperatuurniveaus nodig. Voor AEB is op dit moment nog onzeker of stoomlevering van lage druk betrokken kan worden. Daarom is aangenomen dat AEB een hogere derving van elektriciteit zal kennen dan de andere plants. Hier zal in het nadere ontwerp gekeken moeten worden of voldoende stoom op lagere druk en temperatuur uit te koppelen is op de plant. Dat kan dus tot verlaging van de dervingsfactor en verbetering van de CO₂-prestatie leiden.

Tabel 1 - Resultaten LCA - CO₂-emissiereductie door toepassing van CCU (alle AECs), CCU+CCS (AEB) en CCS (AEB) in 2024 en 2030 ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂-afvang plaatsvindt

Projectalternatief	2024 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)			2030 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)		
	0%	50%	100%	0%	50%	100%
% toerekening						
AEB CCU	75	366	658	9	281	553
AEB CCU+CCS	357	535	713	369	483	701
AEB CCS	800	800	800	800	800	800
AVR CCU	140	431	722	73	345	617
HVC CCU	121	413	704	53	327	599

Toelichting: % toerekening betreft de toerekening van CO₂-emissiereductie die is ontstaan als gevolg van inzet van hernieuwbare warmte bij kassen. De mate waarin deze wordt toegerekend aan levering van externe CO₂ is een politieke keuze omdat er al een SDE+-subsidie op diepe geothermie bestaat.

Deze conclusies gelden alleen voor het milieueffect *klimaatverandering*. Het maakt voor de berekende CO₂-emissiereductie niet uit of de afgevangen CO₂ uit de AECs afkomstig is van biogene of fossiele bronnen omdat het om een netto CO₂-emissiereductie gaat ten opzichte van de huidige situatie. Als in de huidige situatie 1 ton CO₂ wordt uitgestoten bij een AEC dan komt deze na afvang en toepassing in de glastuinbouw weer volledig vrij. Netto levert dat dan geen vermindering van CO₂-emissie naar de atmosfeer op; hierbij maakt de oorsprong van CO₂ geen verschil. De CO₂-emissiereductie komt volledig voor rekening van aardgasgebruik in de glastuinbouw dat nodig is om de CO₂ in de kas te doseren.

Vooruitblik: na 2030

De emissiereductie zal na 2030 door een toename van toepassing van CO₂ in combinatie met duurzame warmte verder afnemen. Het is dus op termijn aan te bevelen om naast toepassing in de glastuinbouw ook te gaan kijken naar alternatieve CCU-routes. Zoals toepassing van CO₂ in bouwmaterialen waarbij CO₂ voor langere tijd vastgelegd wordt, dit is vergelijkbaar met CCS maar in dit geval wordt er wel een product geproduceerd.

Aanbevelingen

- het is aan te bevelen de resultaten te updaten als er meer duidelijkheid is over de toe te passen toerekening van de CO₂-emissiereductie bij zowel toepassing van duurzame warmte en toepassen van externe CO₂ in de glastuinbouw;



- het is aan te bevelen de resultaten te updaten als er meer duidelijkheid is over de verdeling over de vier verschillende redenen om CO₂ toe te voegen in de glastuinbouw op de korte termijn (2024);
- het is aan te bevelen de resultaten te updaten als uitgebreidere engineeringstudies voor de verschillende projectalternatieven zijn uitgevoerd.



1 Introductie

1.1 Aanleiding

In 2018 heeft CE Delft voor een consortium van 22 partijen een Screening LCA (levenscyclus-analyse) en MKBA (maatschappelijke kosten- en batenanalyse) opgesteld voor een negental CO₂-afvang en -benuttingsroutes (afgekort CCU, van carbon capture and utilization) (CE Delft, 2018a) (CE Delft, 2018b). Tevens is voor vier afvalverwerkingsbedrijven een studie naar de businesscases en onrendabele top van CCU-systemen met toepassing in de glastuinbouw gedaan. Inmiddels is de investeringsvoorbereiding een stap verder en hebben drie bronnen van CO₂ (AEB, HVC en AVR) subsidie ontvangen om onderzoek te doen naar de haalbaarheid van de afvang van CO₂ en toepassing bij glastuinders in de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland.

Hiermee is de behoefte ontstaan om de studie naar maatschappelijke kosten en baten en CO₂-reductie over de keten te updaten en te concretiseren op basis van projectspecifieke gegevens. Deze analyse is per project uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van meer specifieke gegevens over het gehele CCU-systeem van dat project. Voor AEB is tevens een scenario doorgerekend met zowel afzet in de glastuinbouw, als CO₂-afvang en -opslag (CCS) erin verwerkt, om zo de afvanginstallatie het hele jaar te kunnen laten draaien (in tegenstelling tot wat mogelijk is wanneer alleen afzet in de glastuinbouw plaatsvindt).

In het huidige project zijn een MKBA-rapportage en een LCA-rapportage gemaakt. Dit is de LCA-rapportage.

1.2 Doel van de studie

Het doel van de studie is om per project inzicht te krijgen in de klimaatimpact van afvang van CO₂ en toepassing van de afgevangen CO₂ in de glastuinbouw. De CO₂-reductie die behaald (kan) worden over de hele keten dient als input voor de MKBA-rapportage en is bepaald voor twee zichtjaren: 2024 en 2030.

1.3 CCU-projecten

AEB Amsterdam

AEB Amsterdam heeft een afvalverbrandingsinstallatie in gebruik waaruit elektriciteit aan het net en warmte aan het warmtenet in Amsterdam worden geleverd. AEB heeft nog geen praktijkervaring met CCU- of CO₂-afvang, maar heeft wel meegewerkt aan enkele onderzoeken hiernaar, in samenwerking met o.a. OCAP. AEB ligt op een gunstige locatie ten opzichte van de OCAP-pijpleiding, en kan hier dus op worden aangesloten.

AVR Rozenburg

AVR Rozenburg is een afvalcentrale met een bioenergiecentrale, waarvan de warmte uit beide processen geleverd wordt aan het warmtenet van Rotterdam; met het resterende deel wordt elektriciteit geproduceerd. Bij de andere locatie van AVR (in Duiven), wordt in 2019 een CO₂-afvanginstallatie met een capaciteit van 60 kton/jaar gebouwd, waarvan de afgevangen CO₂ vloeibaar wordt gemaakt en per vrachtwagen wordt geleverd aan de glastuinbouw. Een eventuele CO₂-afvanginstallatie bij AVR Rozenburg (onderwerp van deze studie), zal worden gekoppeld aan de OCAP-pijpleiding.

HVC Alkmaar

HVC Alkmaar is een afvalenergiecentrale (AEC) met een bioenergiecentrale (BEC), die beide elektriciteit leveren en warmte leveren aan het warmtenet in Alkmaar. Sinds 2018 is er een pilotschaal CO₂-afvanginstallatie in gebruik genomen bij de BEC. Hieruit wordt 4.000 ton biogeen CO₂/jaar (0,5 ton CO₂/uur) afgevangen. Doel is opschaling naar een demonstratie-installatie (naar 15 ton CO₂/uur, met een productie van ~75.000 ton vloeibare CO₂ per jaar) met een aansluiting vanaf zowel de BEC als Lijn 4 van de AEC. Uit resultaten van de pilot-plant en de huidige LCA/MKBA-studie zal naar voren komen of een dergelijke installatie te realiseren is. Als dit het geval is, dan is de start van operatie gepland voor 2023/2024. HVC ligt niet in de buurt van de OCAP-leiding en zal daarom glastuinbouwgebieden in het noorden van Noord-Holland voorzien van CO₂. Deze CO₂ wordt na afvang vloeibaar gemaakt in een liquefactie-installatie en vervolgens per vrachtwagen getransporteerd.

Transport naar tuinders: OCAP

De afgevangen CO₂ bij de afvalenergiecentrales (AECs) zal worden afgenomen door de OCAP (Organic CO₂ for Assimilation by Plants). Sinds 2005 wordt door OCAP CO₂ uit de industrie via een voormalige oliepijpleiding tussen Rotterdam en Amsterdam naar de glastuinbouw geleid. Vanaf 2016 wordt ook CO₂ afgevangen op enkele plekken die niet aan de OCAP-leiding liggen. Die CO₂ wordt na afvang vloeibaar gemaakt in een liquefactie-installatie en daarna met vrachtwagens getransporteerd naar waar op dat moment CO₂-vraag is. De CO₂ van OCAP wordt in de glastuinbouw gebruikt om gewassen mee te bemesten; CO₂ versnelt de groei van planten.

Op dit moment wordt CO₂ van de OCAP-pijpleiding hoofdzakelijk gasvormig geleverd aan de glastuinbouw. Het gaat dan om glastuinbouwgebieden die op korte afstand van de leiding liggen en er daarom gemakkelijk op kunnen worden aangesloten door middel van een relatief korte uitbreiding van het leidingennetwerk. OCAP heeft ook plannen om een liquefactie-installatie aan de noordkant van de pijpleiding te gaan bouwen, om zo de glastuinbouwgebieden in het noorden van Noord-Holland ook van OCAP-CO₂ te kunnen voorzien (in vloeibare vorm).

Om bedrijven ook in de winter een kans te geven hun CO₂ af te kunnen vangen, wordt gekeken naar het uitbreiden van de OCAP-leiding naar de Noordzee, om daar CO₂ op te slaan in de diepe ondergrond (carbon capture and storage, CCS). Hiervoor wordt een koppeling gerealiseerd met het Porthos-netwerk, en mogelijk ook met Athos. Havenbedrijf Rotterdam, Energie Beheer Nederland (EBN) en N.V. Nederlandse Gasunie zijn hiervoor de initiatiefnemers. Deze koppeling zal ook als projectalternatief meegenomen worden in de LCA/MKBA.

In Figuur 1 zijn de OCAP-pijpleiding en alle plannen eromheen weergegeven.



Figuur 1 - Huidige OCAP-pijpleiding (groen). AVR en AEB kunnen hierop aangesloten worden. HVC en liquefactie-installatie noordkant OCAP kunnen mogelijk glastuinbouw in noord Noord-Holland voorzien (rood). Daarnaast is er een plan voor CCS (oranje)



1.4 Levenscyclusanalyse en leeswijzer

De LCA in deze studie is uitgevoerd conform de ISO-standaarden 14040 en 14044. In lijn hiermee is de gebruikte methode transparant en onafhankelijk. De systeemgrenzen zijn *cradle-to-grave*, wat betekent dat het systeem vanaf afvang tot en met toepassing van de afgevangen CO₂ zal worden geanalyseerd. De focus van de studie ligt op de CO₂-impact van het systeem ten opzichte van een conventioneel systeem dat met CCU kan worden vervangen - dit geldt als referentiesysteem. Andere milieueffecten zullen niet worden meegenomen in deze studie, tenzij een grote lastenverschuiving van milieueffecten wordt verwacht.

Een LCA wordt uitgevoerd in vier stappen. Elke stap is terug te vinden in een apart hoofdstuk:

1. Afbakening doel en reikwijdte, de **methodiek**beschrijving (Hoofdstuk 2).
2. **Inventarisatie** (Hoofdstuk 3).
3. Impact analyse en **resultaten** (Hoofdstuk 4).
4. Interpretatie en **conclusies** (Hoofdstuk 5).

2 Methodiek

Een levenscyclusanalyse (LCA) wordt gebruikt om de (milieu)impact van een product of service over de hele keten te bepalen. Het kan worden ingezet om de impact van verschillende producten met een gelijkwaardige functie te vergelijken. De ISO-standaarden 14040 en 14044 geven richtlijnen om een LCA op te zetten. Deze studie is uitgevoerd in lijn met deze richtlijnen.

2.1 Doelstelling en afbakening

2.1.1 Doel van de studie

Doel van deze studie is inzicht krijgen in de milieu-impact (klimaatverandering) van een CCU-systeem bij verschillende AECs, met toepassing van de afgevangen CO₂ in de glastuinbouw. In deze studie beantwoorden we de volgende vraag: *‘Wat is de CO₂-emissiereductie als 1 ton CO₂ wordt afgevangen en toegepast, ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ afgevangen wordt?’*

2.1.2 Afbakening van de studie

Functionele eenheid

In een LCA wordt gewerkt met een functionele eenheid om verschillende systemen met elkaar te kunnen vergelijken. In deze studie is de functionele eenheid als volgt gedefinieerd: De afvang van 1 ton CO₂¹ en de daaropvolgende toepassing van CO₂. Het gaat dus om de afvang van 1 ton CO₂ (bruto CO₂-emissiereductie). Doordat er ook energie gebruikt wordt in de keten en doordat de vervanging van CO₂ bij toepassing niet 1-op-1 is, is de netto CO₂-emissiereductie niet 1 ton per ton afgevangen CO₂.

Omdat het doel van deze studie is om de milieu-impact van het gehele CCU-systeem in kaart te brengen, is een functionele eenheid nodig die zowel de service van het voorkomen van de emissie van CO₂ bij de AECs als de toepassing van die CO₂ in de glastuinbouw en/of het opslaan van CO₂ (CCS) kan beschrijven. Dat is het geval bij de hierboven geformuleerde definitie van de functionele eenheid.

In deze studie wordt gekeken naar CCU-projecten bij drie afvalenergiecentrales (AECs), waarbij een aantal alternatieven gelden. De verschillende CCU-projecten en hun alternatieven worden weergegeven in Tabel 2. Voor een specifieke beschrijving van de verschillende CCU-projecten en de alternatieven per project zie Paragraaf 3.1.

¹ 100% massa CO₂ afgevangen.



Tabel 2 - CCU-projecten en alternatieven bekeken in deze studie

AEC	Alternatieven
AEB	<ul style="list-style-type: none"> – CCU: Afvang van CO₂ in het groeiseizoen en toepassing in de glastuinbouw. – CCU + CCS: Afvang van CO₂ en toepassing in de glastuinbouw (in het groeiseizoen) en CO₂-opslag in de diepe ondergrond (CCS) in de rest van het jaar. – CCS: Afvang van CO₂ en CO₂-opslag in de diepe ondergrond.
AVR	<ul style="list-style-type: none"> – CCU: Afvang van CO₂ in het groeiseizoen en toepassing in de glastuinbouw.
HVC	<ul style="list-style-type: none"> – CCU: Afvang van CO₂ in het groeiseizoen en toepassing in de glastuinbouw.

Systemegrenzen

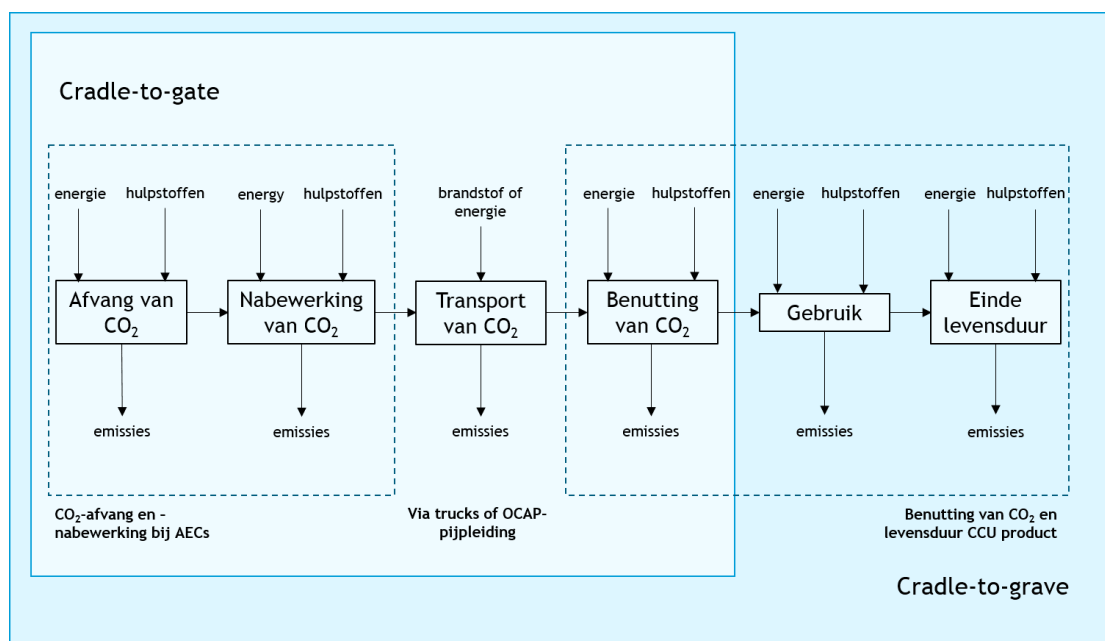
Bij een LCA-studie kan met verschillende systemegrenzen worden gewerkt.

De meest gebruikte zijn:

- Cradle-to-gate: Door deze systemegrenzen te gebruiken wordt de productketen geanalyseerd vanaf het moment van extractie van de grondstof (in dit geval de afvang van CO₂) tot en met het verwerken van die grondstof tot een product (in dit geval de benutting (utilization) van de afgevangen CO₂ in de glastuinbouw).
- Cradle-to-grave: Door deze systemegrenzen te gebruiken wordt de productketen geanalyseerd vanaf het moment van extractie van de grondstof (in dit geval de afvang van CO₂) tot en met het afvalscenario van het product wat met de grondstof is geproduceerd (in dit geval tot en met de consumptie van het gewas dat de CO₂ heeft opgenomen).

In Figuur 2 zijn de algemene systemegrenzen weergegeven zoals deze gehanteerd zijn in deze studie.

Figuur 2 - Systemegrenzen CO₂-afvang en -benutting



In deze studie gaan we uit van cradle-to-grave, dit betekent dat we de CO₂ volgen tot en met het einde van de levensduur. De reden hiervoor is dat in dit project wordt gekeken

naar zowel CCU in de glastuinbouw en CCS. Tussen deze twee technieken zit een verschil in CO₂-reductie in de fase na ‘benutting van CO₂’: bij CCU in de glastuinbouw komt de CO₂ weer vrij, terwijl bij CCS de CO₂ permanent wordt opgeslagen. Ook als de uitkomsten van de CCU-toepassing hier zouden worden vergeleken met andere CCU-routes, is het nodig om de einde levensduur mee te nemen - er bestaan CCU-routes waarbij de CO₂ langdurig wordt opgeslagen. Voor een specifieke beschrijving van de verschillende CCU-projecten en de alternatieven per project zie Paragraaf 3.1.

Technologische en tijdsafbakening

Technologische aspecten

De CO₂-afvangtechnologie die is voorzien bij AEB, AVR en HVC is absorptie. Na de CO₂-afvang, zal de CO₂ worden opgewaardeerd en gecomprimeerd óf vloeibaar worden gemaakt. Via oftewel de OCAP-pijpleiding oftewel transport met een vrachtwagen zal de CO₂ naar glastuinbouw worden geleid.

Voor een specifieke beschrijving van de verschillende CCU-projecten en de alternatieven per project zie Paragraaf 3.1.

Tijdsaspecten

Het jaar waarover de levenscyclusanalyse zal worden uitgevoerd, is 2024. Kentallen die met de tijd veranderen (bijvoorbeeld de elektriciteitsmix, de vraag naar externe CO₂ vanuit de glastuinbouw), zullen voor dat jaar worden gekozen. Er zal een doorkijkje gemaakt worden naar 2030.

In lijn met de ILCD-richtlijnen zullen twee tijdsperiodes voor CO₂-opslag door de toepassing in de glastuinbouw worden meegenomen in de analyse:

- ≤100 jaar opgeslagen CO₂ leidt niet tot CO₂-emissiereductie.
- >100 jaar opgeslagen CO₂ leidt wel tot CO₂-emissiereductie.

2.2 Milieueffectcategorieën

Het is in een LCA mogelijk om de effecten van een keten op meerdere milieucategorieën in kaart te brengen. In deze studie ligt de focus op klimaatverandering (uitgedrukt in kg CO₂-eq.). Dit is in lijn met wat een aantal recente Europese studies als richtlijn geven voor LCAs over CCU, bijvoorbeeld: (Technische Universität Berlin, RWTH Aachen University, The University of Sheffield, IASS Potsdam, 2018), hoewel er wordt aangegeven dat een bredere studie nodig is wanneer lastenverschuiving wordt verwacht (SAPEA, 2018).

Lastenverschuiving van milieueffecten betekent dat een actie (hier: CCU toepassen) in vergelijking tot het nulalternatief leidt tot een reductie van milieu-impact in de ene milieucategorie (bijvoorbeeld: klimaatverandering), maar tegelijkertijd leidt tot een verhoging van milieu-impact in een andere categorie (bijvoorbeeld: er wordt meer fijnstof uitgestoten of meer emissies door de solvent gebruik). Dan moet worden gekeken of het voordeel wel opweegt tegen het nadeel.

Zoals gezegd wordt hier alleen naar klimaatverandering (uitgedrukt in kg CO₂-eq.) gekeken.



Biogeen en fossiel CO₂

Een deel van de afgevangen CO₂ is van biogene oorsprong. Het is belangrijk om te weten wat de grootte van dit biogene deel is. De reden hiervoor is dat volgens de LCA-standaarden (zoals bijvoorbeeld de EN16760 norm) zowel fossiele als biogene CO₂ uit alle ketenstappen van een proces moeten worden meegenomen om de impact ervan op klimaatverandering te bepalen.

In de afbakening van deze studie wordt opname van CO₂ in de biogene producten die worden verwerkt in de verschillende AECs echter niet meegenomen, maar wordt gefocust op de CO₂ uit afval. Daarom worden de resultaten in deze studies gepresenteerd volgens twee verschillende beoordelingsmethoden:

1. Er wordt geen verschil gemaakt tussen de milieu-impact van biogeen en fossiel CO₂ in het CCU-systeem: alle CO₂-eq.-emissies zorgen voor klimaatverandering. Deze methode voorkomt dubbeltelling van biogene CO₂-opname, die ook al kan zijn meegenomen in de footprint van het product voordat het eindigt in de afvalenergiecentrale (bijvoorbeeld bij de productie van een voedselgewas) of in de hernieuwbare energieproductie van de AECs.
2. Er wordt verschil gemaakt tussen de milieu-impact van biogeen en fossiel CO₂ in het CCU-systeem: alleen fossiele CO₂-emissies zorgen voor klimaatverandering. Hier heeft kortcyclische, biogene CO₂ geen effect op klimaatverandering, alleen CO₂-eq.-emissies van fossiele oorsprong hebben dit effect.

De CO₂-emissiereductie per ton afgevangen CO₂ in vergelijking met geen afvang zal niet verschillen tussen de twee analysemethoden.

2.3 Multifunctioneel systeem

Carbon capture and utilization is een multifunctioneel systeem, in het geval van benutting in de glastuinbouw, ziet dat er als volgt uit:

- het levert een dienst: het voorkomen van CO₂-emissie;
- het levert een product, in deze studie bemesting voor gewassen in de glastuinbouw.

Er bestaan verschillende methodes om multifunctionaliteit van een systeem in een LCA te verwerken, waaronder het alloceren van milieueffecten over de verschillende producten/ services (dit kan zowel op basis van fysische als economische eigenschappen), systeem-uitbreiding en substitutie. Volgens ISO14044 heeft het de voorkeur om te voorkomen dat allocatie moet worden gebruikt. De reden hiervoor is dat dit onzekerheden in de LCA-studie introduceert. Systeemuitbreiding is in het geval van CCU ook ongewenst, omdat het een te groot systeem zou worden. In deze studie wordt daarom substitutie gebruikt om met de multifunctionaliteit van het systeem om te gaan.

Het gebruik van substitutie betekent dat in deze studie het CCU-systeem (benutting van bij verschillende afvalenergiecentrales afgevangen CO₂ in de glastuinbouw) wordt vergeleken met CO₂-gebruik in de glastuinbouw die via een conventionele methode is geproduceerd.



2.4 Gegevensgebruik en datakwaliteit

In een LCA zijn voor- en achtergrondprocessen. De herkomst van data van de voor- en achtergrond is verschillend. De voorgrondprocessen zijn de volgende, met daarbij aangegeven waar de gebruikte data voor die processen op is gebaseerd:

- CO₂-afvang en -nabewerking bij AEB. AEB heeft met behulp van Linde Engineering, die de engineeringstudie voor het systeem bij AEB heeft uitgevoerd, data over het beoogde proces aangeleverd.
- CO₂-afvang en -nabewerking bij AVR. Data is geleverd door AVR op basis van de voor hen gemaakte engineeringstudie van Linde. De afvang en nabewerking zijn samengetrokken.
- CO₂-afvang en -nabewerking bij HVC. HVC heeft data aangeleverd.
- Transport over OCAP-pijpleiding: Data verkregen van OCAP.
- Benutting van CO₂ in de glastuinbouw.
- Opslag van CO₂ (CCS): Op basis van eerdere LCA Smart Grid-studie (CE Delft, 2018a). Deze gegevens zijn deels geverifieerd door OCAP.

Het detailniveau van de geleverde data door de afvalenergiebedrijven is niet gelijk en is gebaseerd op initiële engineerstudies met in de meeste gevallen jaargemiddelde gegevens (die niet helemaal in lijn zullen zijn met de realiteit wanneer bijvoorbeeld op deellast wordt gedraaid - dit geldt onder andere bij energiegebruik). De datakwaliteit laat daarom in alle gevallen nog te wensen over, maar is voor een eerste-orde-LCA prima. De resultaten moeten als gevolg hiervan gezien worden als eerste inschattingen die bij beschikbaar komen van betere informatie verder verfijnd dienen te worden.

Voor de achtergrondprocessen is gebruikgemaakt van de Ecoinvent v3.4 LCA-database (Ecoinvent, 2017), met de versie 'cut off by classification'.

2.5 Gevoeligheidsanalyse

Er is altijd sprake van een bepaald niveau van onzekerheid voor data die wordt gebruikt in een LCA. Ook hier is dat het geval - het gaat dan ook om toekomstige processen. Daarom worden aannames gedaan en bepaalde keuzes gemaakt in de data-inventarisatiefase. De resultaten van de LCA zijn mede daarop gebaseerd, en kunnen gevoelig zijn voor deze aannames en keuzes. Voordat op basis van de eerste resultaten conclusies worden getrokken, is het daarom belangrijk om te kijken hoe groot die gevoeligheid voor bepaalde keuzes is. Daarom worden gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor data met (grote) onzekerheden, om te laten zien of de resultaten heel anders worden als andere aannames waren gedaan/keuzes waren gemaakt. De uitgevoerde gevoeligheidsanalyses zijn beschreven in Paragraaf 4.3.



3 Inventarisatie

Dit hoofdstuk begint met een specifieke beschrijving van de verschillende CCU-projecten en hun alternatieven Paragraaf 3.1.

Na deze beschrijving worden daarna de geïnventariseerde data per stap in het CCU-systeem beschreven. De verschillende stappen zijn:

- CO₂-afvang bij AEC (Paragraaf 3.2) ;
- nabewerking bij AEC - zowel liquefactie als opwaardering/compressie (Paragraaf 3.3);
- liquefactie bij OCAP (Paragraaf 3.4);
- transport (Paragraaf 3.5);
- benutting van CO₂ in de glastuinbouw (Paragraaf 3.6);
- benutting van CO₂ voor opslag (Paragraaf 3.7).

Bedrijfsgevoelige informatie van de afvang en nabewerking bij de AECs is niet beschreven in dit hoofdstuk, maar is beschikbaar in een losse bijlage per bedrijf.

3.1 CCU-projecten

3.1.1 Overzicht CCU-projecten

Omdat er niet het hele jaar door vraag is naar externe CO₂ vanuit de glastuinbouw, zullen de afvalenergiebedrijven niet het hele jaar op vollast kunnen draaien. Er zijn twee manieren om hiermee om te gaan meegenomen in deze studie: óf de CO₂-afvanginstallatie is niet het hele jaar operationeel, óf de CO₂ die wordt afgevangen wordt ondergronds opgeslagen (carbon capture and storage, CCS). Er moet hier worden opgemerkt dat CCU in de glastuinbouw en CCS maar twee van de vele mogelijkheden voor toepassing van CO₂ zijn: CO₂ kan ook op andere manieren worden benut als grondstof. Deze andere CCU-routes zijn in sommige gevallen al op grote schaal toepasbaar; een voorbeeld is de Compensatiesteen (RuwBouwGroep, sd). Daarnaast is de verwachting dat daar komende jaren nog meer CCU-technieken op hogere TRL-niveaus komen.

In Tabel 3 zijn de meegenomen CCU-projecten en de alternatieven per project beschreven. HVC heeft geen plannen voor CCS en zal niet op vollast draaien. CCS is hierbij wel mogelijk met behulp van trucktransport naar het OCAP-netwerk maar is in deze studie niet meegenomen omdat HVC dit niet als een realistisch projectalternatief beschouwt. Bij AEB en AVR is, door de aansluiting aan de OCAP-leiding, direct via de OCAP-leiding de mogelijkheid voor CCS. Door de AVR wordt dit niet als realistisch projectalternatief gezien. Voor AEB wordt zowel een alternatief mét en zonder CCS meegenomen.

Verder is per AEC het biogene CO₂-aandeel in de geleverde CO₂ weergegeven gegeven in Tabel 3. Zoals te zien geldt voor het aandeel biogeen CO₂ van HVC een range. Dit komt omdat de afvanginstallatie wordt verbonden aan zowel de BEC- als AEC-lijn, waarin het aandeel biogeen afval respectievelijk 100 en 63,6% is. Naar verwachting wordt CO₂ 50/50 aangeleverd vanuit de twee verschillende lijnen. Dit zou leiden tot een biogeen aandeel van 82%. In deze LCA-studie is ervoor gekozen om voor zowel 100% als 63,6% de resultaten te presenteren, omdat de verdeling niet met zekerheid kan worden vastgesteld maar de resultaten altijd binnen deze range zullen liggen. Voor de overige AECs ligt het aandeel biogeen CO₂ ook op 63,6%, conform (RIVM, 2018).



Tabel 3 - CCU-projecten meegenomen in LCA

CCU-projectalternatief	Draaiuren per jaar	Hoeveelheid geleverde nabewerkte CO ₂ per jaar	Aandeel biogeen CO ₂
AEB CCU	-5.000 uur	275 kton nabewerkte CO ₂	63,6 gewichts%
AEB CCU+CCS	-8.182 uur	CCU: 275 kton nabewerkte CO ₂ CCS: 175 kton nabewerkte CO ₂	63,6 gewichts%
AEB CCS	-8.182 uur	450 kton nabewerkte CO ₂	63,6 gewichts%
AVR CCU	-5.000 uur	250 kton nabewerkte CO ₂	63,6 gewichts%
HVC CCU	-5.000 uur	75 kton nabewerkte CO ₂	63,6-100 gewichts%

Toelichting: De hoeveelheid geleverde CO₂ is leidend, de draaiuren zijn een inschatting en niet per se gelijk aan vollasturen.

Naast de hoeveelheid geleverde CO₂ per jaar en het aandeel biogeen CO₂ is er ook een verschil in nabewerkingsstappen en dus in het type geleverde CO₂. Bij HVC wordt de afgevangen CO₂ vervloeid en opgewaardeerd, waarna het aan de glastuinbouw wordt geleverd per vrachtwagen². Bij AEB en AVR wordt de afgevangen CO₂ bij de AEC opgewaardeerd en gecompriemd tot de gewenste zuiverheid en druk voor het OCAP-netwerk (99,5% resp. 20 Bar). De CO₂ van AEB en AVR wordt vervolgens via het OCAP-netwerk, op twee verschillende manieren aan de glastuinbouw geleverd: gasvormig (direct via het netwerk) en vloeibaar (met behulp van een liquefactie-unit aan het OCAP-netwerk). Het deel van de CO₂ dat door AEB en AVR wordt geleverd dat na levering aan het OCAP-netwerk wordt vervloeid, is gelijk aan het deel van de totale CO₂ bij OCAP die vloeibaar wordt gemaakt, namelijk 18,75%³. Met andere woorden, van elke ton CO₂ op de OCAP-leiding wordt 0,1875 ton vervloeid. Van elke ton die de AECs aan OCAP leveren wordt dus ook 0,1875 ton vervloeid. Per projectalternatief is het type CO₂ en waarvandaan deze geleverd wordt, getoond in Tabel 4.

Tabel 4 - Aandeel CCU gasvormig, CCU vloeibaar en CCS per ton geleverde CO₂ per CCU-projectalternatief

CCU-projectalternatief	Aandeel geleverde CO ₂ gasvormig naar glastuinbouw	Aandeel geleverde CO ₂ vloeibaar naar glastuinbouw	Aandeel geleverde CO ₂ gasvormig naar CCS
AEB CCU	81,25%	18,75%	N.v.t.
AEB CCU + CCS	49,65%	11,44%	38,89%
AEB CCS	N.v.t.	N.v.t.	100%
AVR CCU	81,25%	18,75%	N.v.t.
HVC CCU	N.v.t.	100%	N.v.t.

3.1.2 AEB

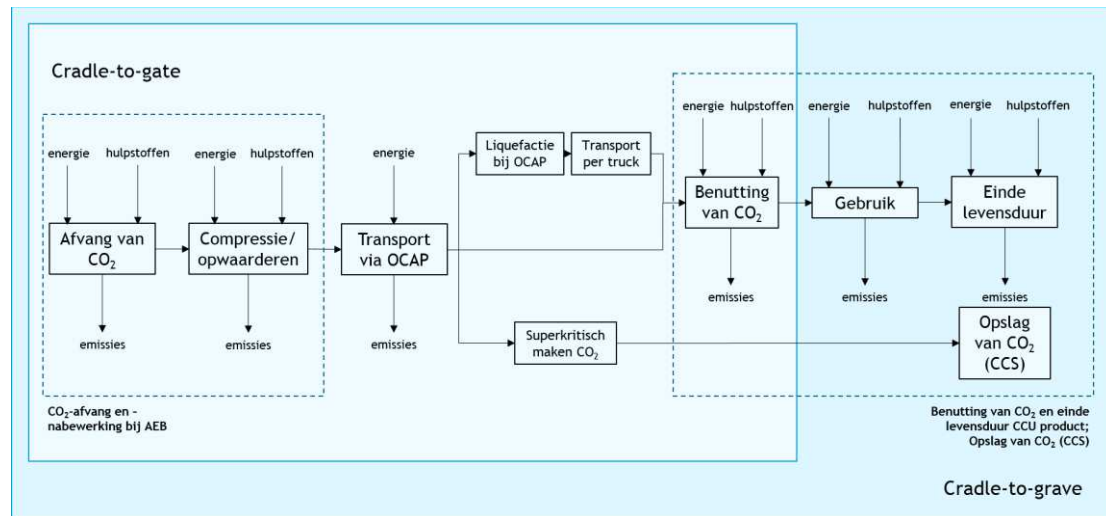
AEB Amsterdam is een afvalverbrandingsinstallatie waaruit warmte aan het warmtenet in Amsterdam wordt geleverd. AEB ligt op een gunstige locatie ten opzichte van de OCAP-pijpleiding, en kan hierop dus worden aangesloten. De inschatting is dat het biogene CO₂-aandeel van de af te vangen CO₂ bij AEB ongeveer 63,6% is. De systeemgrenzen van CO₂-afvang en -benutting bij AEB zijn weergegeven in Figuur 3.

² Het gaat hierbij om de glastuinbouwgebieden Alton, Agriport en Grootslag in Noord-Holland.

³ 0,15 Mton vloeibaar op een totaal van 0,8 Mton CO₂.



Figuur 3 - Systeemgrenzen CO₂-afvang en -benutting bij AEB



Voor AEB worden drie varianten bekeken, die we hieronder elk kort omschrijven:

1. CCU

In het projectalternatief CCU kijken we naar CO₂ afgevangen in het groeiseizoen en volledige toepassing in de glastuinbouw. Het gaat hierbij om een afzet van 275 kiloton vloeibare en gasvormige CO₂ per jaar, bij ongeveer 5.000 draaiuren. 81,25% van de afgezette CO₂ wordt gasvormig afgezet via het OCAP-netwerk en de rest wordt vloeibaar gemaakt in de OCAP-liquefactie-installatie en daarna getransporteerd per truck.

2. Gecombineerde CCU en CCS

In het projectalternatief waarin CCU en CCS gecombineerd worden kijken we naar de afzet van 450 kiloton vloeibare en gasvormige CO₂ per jaar bij ongeveer 8.182 draaiuren. Hiervan wordt 275 kiloton afvangen en toegepast in het groeiseizoen in de glastuinbouw, de rest wordt superkritisch gemaakt en opgeslagen. 49,65% van de afgezette CO₂ wordt gasvormig afgezet via het OCAP-netwerk en de overige CO₂ die niet opgeslagen wordt via CCS (11,44%) wordt vloeibaar gemaakt in de OCAP-liquefactie-installatie en daarna getransporteerd per truck.

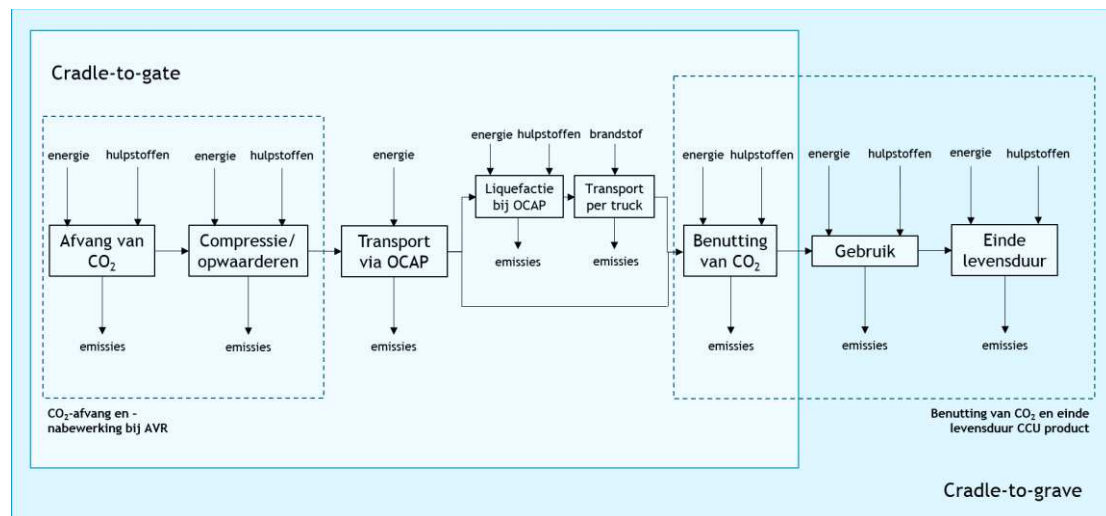
3. CCS

In het projectalternatief CCS kijken we naar de afzet van 450 kiloton gasvormige CO₂ per jaar voor CO₂-opslag.

3.1.3 AVR

AVR Rozenburg is een afvalcentrale met een bioenergiecentrale, waarvan de warmte uit beide processen geleverd wordt aan het warmtenet van Rotterdam; met het resterende deel wordt elektriciteit geproduceerd. Een eventuele CO₂-afvanginstallatie bij AVR Rozenburg (onderwerp van deze studie), zal worden gekoppeld aan de OCAP-pijpleiding. De inschatting is dat het biogene CO₂-aandeel van de af te vangen CO₂ bij AVR ongeveer 63,6% is. De systeemgrenzen van CO₂-afvang en -benutting bij AVR zijn weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4 - Systeemgrenzen CO₂-afvang en -benutting bij AVR

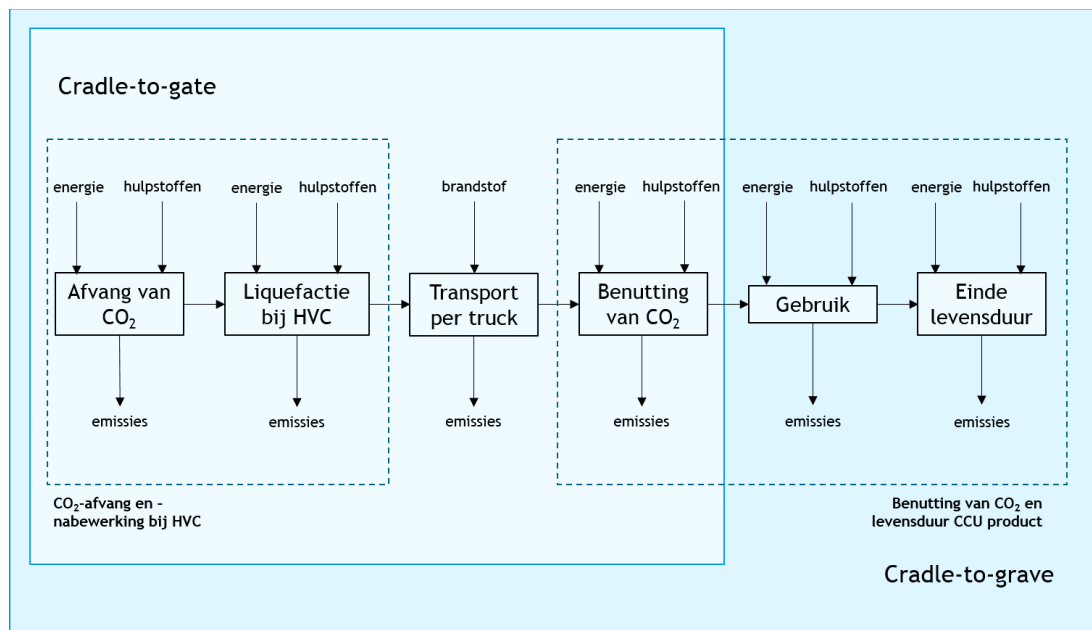


Voor AVR kijken we naar CCU. In het projectalternatief CCU kijken we naar CO₂ afgevangen in het groeiseizoen en volledige toepassing in de glastuinbouw. Het gaat hierbij om een afzet van 250 kiloton vloeibare en gasvormige CO₂ per jaar, bij ongeveer 5.000 draaiuren. 81,25% van de afgezette CO₂ wordt gasvormig afgezet via het OCAP-netwerk en de rest wordt vloeibaar gemaakt in de OCAP-liquefactie-installatie en daarna getransporteerd per truck.

3.1.4 HVC

HVC Alkmaar is een AEC met een bioenergiecentrale (BEC), die beide elektriciteit leveren en warmte leveren aan het warmtenet in Alkmaar. Sinds 2018 is er een pilotschaal CO₂-afvanginstallatie in gebruik genomen bij de BEC. Hieruit wordt 4.000 ton biogeen CO₂/jaar (0,5 ton CO₂/uur) afgevangen. Doel is opschaling naar een demonstratie-installatie (naar 15 ton CO₂/uur, met een productie van ~75.000 ton vloeibare CO₂ per jaar) met een aansluiting vanaf zowel de BEC als Lijn 4 van de AEC. De inschatting is dat het biogene CO₂-aandeel van de af te vangen CO₂ bij HVC daarom tussen de 63,6 en 100% kan liggen. De systeemgrenzen van CO₂-afvang en -benutting bij HVC zijn weergegeven in Figuur 5.

Figuur 5 - Systeemgrenzen CO₂-afvang en -benutting bij HVC



Voor HVC bekijken we één projectalternatief. Waarin HVC glastuinbouwgebieden in het noorden van Noord-Holland van CO₂ voorziet, deze CO₂ wordt per vrachtwagen getransporteerd. Het gaat hierbij om een afzet van 75 kiloton vloeibare CO₂ per jaar bij ongeveer 5.000 draaiuren.

3.2 CO₂-afvang

De geplande CO₂-afvanginstallaties bij alle drie de AECs gebruiken absorptie als afvangtechniek. De capaciteit van de installaties verschilt per bedrijf, alsmede het aantal draaiuren waarop deze actief zullen zijn. Dit laatste is afhankelijk van of er gepland is om niet alleen CCU maar ook CCS toe te passen (zie Tabel 3 en de rest van Paragraaf 3.1.1).

De CO₂-rijke productstroom na de afvangstap zal nog onzuiverheden bevatten, met name water. De productstroom zal in de nabewerkingsstap verder worden gezuiverd (zie Paragraaf 3.3). Voor AEB en HVC is in de aangeleverde data gegeven wat het verschil is tussen afvang en levering. Bij deze centrales is het daarom mogelijk om onderscheid te maken tussen 'Afgevangen CO₂' en 'Geleverde CO₂'. Dit is nuttig, omdat de afvangtechniek voor alle installaties in de basis gelijk is, maar de nabewerking anders vanwege de verschillen in transport (gasvormig via pijpleiding of vloeibaar per vrachtwagen). Waar mogelijk, is dit onderscheid daarom meegenomen. Voor AVR zijn alle gegevens een combinatie van afvang en nabewerking.

In Tabel 5 zijn de gegevens en de bijpassende Ecoinvent-processen gegeven voor onderdelen voor de CO₂-afvang. De hoeveelheden per gebruikt onderdeel zijn te vinden in de losse bedrijfsbijlages. De CO₂-footprint van de solvent is bij geen van de bedrijven bekend, daarom is voor alle bedrijven dezelfde benadering van type solvent gebruikt: monoethanolamine (MEA). Tot slot is het mogelijk dat warmtegebruik ten koste gaat van in het nulalternatief al nuttig gebruikte warmte (zoals bijvoorbeeld in een warmtenet of voor

elektriciteitsopwekking); deze zogenaamde warmte- en elektriciteitsderving is ook meegenomen in de analyse.

Tabel 5 - Data-inventarisatie van CO₂-afvang

Input	Ecoinvent v 3.4-proces/Methode modellering
Solvent	Monoethanolamine {GLO} market for
Elektriciteit	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)
Warmte	Elektriciteitsderving (x MJe/MJth), zie 'elektriciteit'
Actief kool	Activated carbon, granular {GLO} market for activated carbon, granular
Natronloog	Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO} market for
Instrumentgas	Nitrogen, liquid {RER} market for
Koelwater	Tap water {Europe without Switzerland} market for
Demiwater	Water, deionised, from tap water, at user {Europe without Switzerland} market for water, deionised, from tap water, at user
Outputs	Ecoinvent v 3.4-proces/Methode modellering
Actief koolafval	Hard coal ash {NL} treatment of, residual material landfill
Afvalwater	Wastewater from glass production {RoW} treatment of, capacity 1.1E10l/year

3.3 Nabewerkingsstap afgevangen CO₂ bij AEC

Comprimeren en opwaardering CO₂ (AEB en AVR)

AEB Amsterdam en AVR Rozenburg zullen worden aangesloten aan de OCAP-pijpleiding. Om te voldoen aan de specificaties van het CO₂ in de pijpleiding, wordt de afgevangen CO₂ gecompriemd en opgewaardeerd. Hier wordt vooral water uit het afgevangen CO₂ gehaald en wordt het gas op de juiste druk gebracht. Na opwaardering is het aandeel CO₂ in het product als volgt (de rest is vooral water):

- AEB: 99,97 massa% CO₂;
- AVR: >99 massa% CO₂.

Liquefactie (HVC)

HVC Alkmaar ligt niet aan de OCAP-pijpleiding, en de afgevangen CO₂ zal daarom worden getransporteerd naar de glastuinbouw in vrachtwagens. Om dit te kunnen doen, wordt de CO₂ met behulp van liquefactie vloeibaar gemaakt. Na liquefactie zal de geleverde CO₂ van HVC 99 massa% CO₂ bevatten.

Voor liquefactie en compressie/opwaardering zijn de processen gebruikt zoals weergegeven in Tabel 6. De hoeveelheden per gebruikt onderdeel zijn te vinden in de losse bedrijfsbijlages. Het is mogelijk dat warmtegebruik ten koste gaat van in het nulalternatief al nuttig gebruikte warmte (zoals bijvoorbeeld in een warmtenet of voor elektriciteitsopwekking); deze zogenaamde warmte- en elektriciteitsderving is ook meegenomen in de analyse.

Tabel 6 - Data-inventarisatie van nabewerking van afgevangen CO₂

Inputs	Ecoinvent v 3.4-proces/Methode modellering
Afgevangen CO ₂ -gas	Niet van toepassing, gemodelleerd door CE Delft zoals beschreven in Paragraaf 3.2.
Elektriciteit	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)
Warmte	Elektriciteitsderving (x MJe/MJth), zie 'elektriciteit'
Instrumentgas	Nitrogen, liquid {RER} market for
Silicagel	Sodium silicate, solid {GLO} market for
Koelwater	Tap water {Europe without Switzerland} market for
Demiwater	Water, deionised, from tap water, at user {Europe without Switzerland} market for water, deionised, from tap water, at user
Outputs	Ecoinvent v 3.4-proces/Methode modellering
CO ₂ -emissie naar lucht	Geen, is een emissie naar lucht
Silicagel-afval	Municipal solid waste {NL} treatment of, incineration
Afvalwater	Wastewater from glass production {RoW} treatment of, capacity 1.1E10l/year

3.4 Liquefactie bij OCAP

Een deel van de aan het OCAP-netwerk geleverde CO₂ zal niet (gelijk) kunnen worden afgezet in de glastuinbouw die aan het netwerk ligt. Daarom is OCAP van plan een liquefactie-unit te bouwen aan het OCAP-netwerk; zo kan overvloedige CO₂ vloeibaar worden gemaakt en naar de noordelijke tuinbouwgebieden in Noord-Holland worden gebracht om daar in de CO₂-vraag te voorzien waar HVC niet aan kan voldoen.

In Paragraaf 3.1.1 en Tabel 4 is beschreven welk aandeel van de CO₂ op de OCAP-pijpleiding zal worden vervloeid, en wat dat voor ieder doorgerekend scenario betekent (per ton geleverde CO₂). In Tabel 7 is de data-inventarisatie van liquefactie bij OCAP te zien.

Tabel 7 - Data-inventarisatie van vervloeiing van CO₂ uit OCAP-netwerk

Inputs	Hoeveelheid (per ton vloeibare CO ₂)	Ecoinvent v 3.4-proces/Methode modellering
Elektriciteit	75 kWh	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)

3.5 Transport van AEC naar glastuinbouw

De door AEB en AVR geleverde CO₂ wordt op twee manieren getransporteerd door OCAP: het gasvormige deel via de OCAP-pijpleiding, en het vloeibare deel per vrachtwagen. De door HVC geleverde CO₂ wordt na vervloeiing per vrachtwagen naar de glastuinbouw getransporteerd.

3.5.1 Transport via OCAP-pijpleiding (AEB en AVR)

Voor transport van gasvormig CO₂ per pijpleiding is energie nodig. In Tabel 8 zijn de gebruikte data en Ecoinvent-processen te vinden. Het elektriciteits- en warmteverbruik is door OCAP aangeleverd per jaar. We zijn ervan uitgegaan dat deze gegevens betrekking hebben op de huidige situatie, en hebben het energieverbruik/ton CO₂ daarom berekend door het elektriciteits- en aardgasverbruik/jaar te delen door 600.000 ton CO₂; de huidige hoeveelheid CO₂ op de OCAP-pijpleiding.

Tabel 8 - Data-inventarisatie van transport per OCAP-pijpleiding

Inputs	Hoeveelheid (per ton CO ₂ op de OCAP-pijpleiding)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
Elektriciteit (kWh)	0,065 kWh	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)
Aardgasverbruik (m ₃)	0,286 m ³	Natural gas, high pressure {NL} market for
Outputs	Hoeveelheid (per ton CO ₂ op de OCAP-pijpleiding)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
CO ₂ -emissie door aardgasverbranding (kg)	0,177 kg	Geen, is een emissie naar lucht

3.5.2 Transport met vrachtwagens (HVC en OCAP)

Voor zowel OCAP als HVC geldt dat is aangenomen dat het type vrachtwagen dat wordt gebruikt een trekker-oplegger (zwaar, EURO 6) is. Deze vrachtwagen rijdt op diesel. Zowel de heenweg (beladen) als de terugweg (onbeladen) worden meegenomen in de LCA. De CO₂-impact van vrachtwagentransport is gemodelleerd op basis van het emissiekental uit STREAM Goederenvervoer (CE Delft, 2017).

Bij het wegtransport zullen ook andere emissies vrijkomen: NO_x, fijnstof en SO₂ bijvoorbeeld. Dit zijn geen broeikasgassen en worden dus niet in de CO₂-eq.-footprint meegenomen. In deze LCA zijn deze stoffen niet meegenomen, maar het is belangrijk om op te merken dat de emissie van deze stoffen zal veranderen ten opzichte van het nulalternatief.

Tabel 9 - Data-inventarisatie van vrachtwagentransport

Inputs	Hoeveelheid (per ton CO ₂ vervloeid)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
Vrachtwagentransport (tkm)	40 tkm (HVC) 60 tkm (OCAP)	Niet van toepassing, gebaseerd op (CE Delft, 2017) zoals beschreven in Paragraaf 3.5.2.

3.6 CO₂-benutting in de glastuinbouw

In de glastuinbouw wordt CO₂ als bemesting voor gewassen toegepast om snellere groei van planten te stimuleren. Daarom wordt CO₂ vaak als bemesting in kassen toegevoegd. Afgevangen CO₂ kan hiervoor worden gebruikt. Het is belangrijk om op te merken dat de CO₂-reductie door het CCU-systeem met deze toepassing niet plaatsvindt omdat de gewassen CO₂ opnemen; deze opslag is immers slechts van korte duur (tot consumptie van het gewas). De milieuwinst zit hier in de substitutie van het referentiesysteem.

Referentiesysteem

Op dit moment wordt op verschillende manieren voorzien in de CO₂-vraag van de glastuinbouw. Een deel van de CO₂ wordt geproduceerd uit eigen gasbranders of WKKs, een ander deel is afkomstig van externe bronnen. In de komende jaren zullen naar verwachting steeds meer glastuinbouwers overstappen op alternatieve warmtebronnen, en zal er dus minder aardgas worden verstoekt in de kassen.

Er zijn op dit moment vier redenen voor de glastuinbouw om externe CO₂ in te zetten:

1. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van alternatieve warmtebronnen waaruit geen CO₂ vrijkomt, zoals bijvoorbeeld geothermie of warmte van een warmtenet.
2. Wanneer er geen warmtevraag is (bijvoorbeeld in de zomermaanden) - hiermee wordt voorkomen dat er aardgas wordt verbrand voor alleen CO₂-productie (dat gebeurt in huidige situatie, zomerstook genoemd).
3. Wanneer er sprake is van gevoelige gewassen die alleen met CO₂ met een hoge zuiverheid kunnen worden bemest (zoals bloemen).
4. Wanneer erbovenop de CO₂ uit aardgasgebruik, extra CO₂ wordt toegevoegd om de plantgroei nog meer te stimuleren.

Omdat de externe CO₂ die op dit moment wordt toegepast voor Reden 3 en 4 in de glastuinbouw een voornamelijk **fossiele** oorsprong heeft, kan gebruik van externe CO₂ van de AECs die fossiele emissies (voor een deel) reduceren in het geval van Reden 3 en 4. Daarnaast leidt het gebruik van externe CO₂ van de AECs in het geval van Reden 2 tot minder aardgasverbranding.

Een lastig te modelleren situatie is wanneer CO₂ wordt toegepast bij een alternatieve warmtebron (Reden 1). Wanneer er externe CO₂ moet worden toegepast omdat er hernieuwbare warmte wordt gebruikt in de kas, moet het klimaatvoordeel van het gebruik van externe CO₂ in combinatie met hernieuwbare warmtebronnen worden toegerekend aan zowel de productie van hernieuwbare warmte als de levering van externe CO₂. Het gaat hier alleen om CO₂ die moet worden toegevoegd op de momenten dat er warmtebehoefte is, anders gaat het om vervanging van zomerstook (Reden 2). Omdat zowel hernieuwbare warmtebronnen als de levering van externe CO₂ nodig zijn voor CO₂-reductie ten opzichte van de huidige situatie, rekenen we in zowel 2024 en 2030 50% van het klimaatvoordeel van een vermindering in aardgasgebruik toe aan het gebruik van in de AECs afgevangen CO₂. Er is meer onderzoek nodig om deze allocatieverdeling definitief vast te stellen⁴. In de resultaten laten we het toerekenen van zowel 0 als 100% van het milieuvoordeel aan het gebruik van in de AECs afgevangen CO₂ zien door middel van voetbalken (zie Hoofdstuk 4).

Tot slot is de vraag of de referentie voor de geleverde CO₂ voor Reden 1 en 2 inderdaad extern geleverde **fossiele** CO₂ blijft in 2030 en voor Reden 3 en 4 CO₂ uit aardgasverbranding blijft. De vraag is dus eigenlijk: 'Hoe lang kun je aan blijven geven dat er bij een ton geleverde CO₂ aardgasverbranding vermeden wordt, en op welk moment is het logischer om bijvoorbeeld aan te nemen dat er gebruik van biogas vermeden wordt?' Dit hangt volledig van de marktsituatie af in de toekomst, en is moeilijk te voorspellen. Omdat de gehele economie decarboniseert door de tijd heen nemen we aan dat de CO₂-emissiereductie per ton geleverde CO₂ afneemt met het WLO-scenario, zie voor een toelichting hierop de MKBA-studie. We gaan in deze studie uit van een CO₂-emissiereductie per ton geleverde CO₂ van 66,5% in 2030 en van 76,0% in 2024 op basis van het WLO-scenario Laag.

Verdeling over de vier redenen - lange termijn

In een studie die CE Delft uitvoert in combinatie met WECR, is een verdeling bepaald over de vier redenen voor het toedienen van CO₂ in de glastuinbouw in 2030. Deze verdeling is weergegeven in Tabel 10.

⁴ Op dit moment werkt CE Delft samen met WECR aan een onderzoek naar deze verdeling.

Tabel 10 - (Reden voor) CO₂-vraag in glastuinbouw in 2030 in Nederland

Reden voor CO ₂ -vraag	Nederlands gemiddelde 2030
CO ₂ -gebruik in de zomer	11,2%
Hernieuwbare warmtebron - warmteallocatie	36,3%
Hernieuwbare warmtebron - externe CO ₂ -allocatie	36,3%
Gevoelige gewassen en extra stimuleren plantgroei	16,1%
TOTALE AARDGASREDUCTIE	47,5% * 66,5% = 31,6%
TOTALE FOSSIELE CO ₂ -REDUCTIE UIT ANDERE EXTERNE BRON	16,1% * 66,5% = 10,7%

Toelichting: Gemiddelde over redenen is bepaald door een gewogen gemiddelde te maken tussen de minimale en maximale inzet van externe CO₂.

Verdeling over de vier redenen - korte termijn

Er is geen informatie bekend over de verdeling over de redenen van gebruik van externe CO₂ in het OCAP-gebied en de glastuinbouw in het noorden van Noord-Holland óf een gemiddelde van Nederland op de korte termijn (2024). Naar deze verdeling wordt nog onderzoek verricht⁵. Daarom maken we hier gebruik van een voorlopige inschatting over de vier redenen op basis van gegevens over:

- De ontwikkeling van duurzame energievraag in de glastuinbouw tussen 2010 (WECR, 2018) en 2030 (WECR, 2016).
- De CO₂-vraag in de glastuinbouw in 2008 die onafhankelijk is van een hernieuwbare warmtebron (LEI, 2010) en de CO₂-vraag in 2030 (studie CE Delft en WECR). Dit is dus CO₂ die gebruikt wordt in een van de drie andere redenen, dan voor hernieuwbare warmte.

Door beiden lineair door te trekken tussen 2008/2010 en 2030 kan een inschatting gemaakt worden naar de verdeling over de redenen voor vraag naar externe CO₂ in het kortetermijn-scenario. De inschatting is weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 - (Reden voor) CO₂-vraag in glastuinbouw in 2024 in Nederland

Reden voor CO ₂ -vraag	Nederlands gemiddelde 2024
CO ₂ -gebruik in de zomer	13,2%
Hernieuwbare warmtebron - warmteallocatie	34,0%
Hernieuwbare warmtebron - externe CO ₂ -allocatie	34,0%
Gevoelige gewassen en extra stimuleren plantgroei	18,9%
TOTALE AARDGASREDUCTIE	47,2% * 76,0% = 35,9%
TOTALE FOSSIELE CO ₂ -REDUCTIE UIT ANDERE EXTERNE BRON	18,9% * 76,0% = 14,4%

⁵ Op dit moment werkt CE Delft samen met WECR aan een onderzoek naar de reden voor CO₂-vraag in de glastuinbouw in heel Nederland omstreeks 2024.

Tabel 12 - Data-inventarisatie van benutting van afgevangen, vloeibaar CO₂ in de glastuinbouw

Inputs	Hoeveelheid 2024 (per ton vloeibaar CO ₂ benut in de glastuinbouw)	Hoeveelheid 2030 (per ton vloeibaar CO ₂ benut in de glastuinbouw)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
Vloeibaar CO ₂ (ton)	1 ton (waarvan een deel biogeen)	1 ton (waarvan een deel biogeen)	Niet van toepassing, gemodelleerd door CE Delft zoals beschreven in Paragraaf 3.3.
Outputs	Hoeveelheid 2024 (per ton vloeibaar CO ₂ benut in de glastuinbouw)	Hoeveelheid 2030 (per ton vloeibaar CO ₂ benut in de glastuinbouw)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
CO ₂ -emissies bij einde levensduur (ton)	1 ton (waarvan een deel biogeen)	1 ton (waarvan een deel biogeen)	Geen, het is een emissie naar lucht
Referentie	Hoeveelheid 2024 (per ton vloeibaar CO ₂ benut in de glastuinbouw)	Hoeveelheid 2030 (per ton vloeibaar CO ₂ benut in de glastuinbouw)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
Vermeden CO ₂ -emissies door aardgastoevoer (ton)	(-)150 m ³	(-)132 m ³	Natural gas, high pressure {NL} market for
Vermeden CO ₂ -emissies door aardgasverbranding (ton)	(-)0,359 ton	(-)0,316 ton	Geen, is een emissie naar lucht
Vermeden CO ₂ -emissies van ander fossiel CO ₂ -gebruik (ton)	(-)0,144 ton	(-)0,107 ton	Geen, is een emissie naar lucht

3.7 Carbon Capture & Storage (CCS)

Naast CCU is er ook de mogelijkheid om CO₂ af te vangen en ondergronds op te slaan (CCS). Omdat de OCAP-pijpleiding gunstig ligt ten opzichte van de Noordzee, wordt gepland om de OCAP-pijpleiding te voorzien van een verbinding met een offshore netwerk ten behoeve van CCS, om daar CO₂ in lege gasvelden op te slaan. Hiervoor wordt een koppeling gerealiseerd met het Porthos-netwerk. Havenbedrijf Rotterdam, Energie Beheer Nederland (EBN) en N.V. Nederlandse Gasunie zijn de initiatiefnemers. Het is op deze manier mogelijk voor de OCAP-bedrijven om het hele jaar door CO₂ te leveren, niet alleen tijdens het seizoen waarin er vraag vanuit de glastuinbouw is. Bij AEB zit CCS in de plannen voor CO₂-afvang. De 450 kton geleverde CO₂ zal dan ook voor een deel naar de glastuinbouw gaan, en voor een deel worden opgeslagen.

Voor CO₂-opslag door Porthos is van het volgende uitgegaan. Voor CCS zal CO₂ moeten worden afgevangen, gecomprimeerd en opgewaardeerd voor levering aan OCAP, getransporteerd worden over de OCAP-pijpleiding en in een compressor worden gecomprimeerd tot de superkritische fase. Daarna kan de superkritische CO₂ worden geïnjecteerd in het gasveld en zo worden opgeslagen. Het verschil met toepassing in de glastuinbouw zijn de compressiestap en de injectie, waarvoor extra energie nodig is. Daarnaast zal de afgevangen CO₂ bij CCS niet meer geëmitteerd worden - in tegenstelling tot de CCU-route in de glastuinbouw. Doordat een deel van het afval en daarmee een deel van de CO₂ een biogene oorsprong heeft en daarom niet altijd wordt meegenomen in de emissiebalansen, kan worden gesteld dat de opslag van deze CO₂ leidt tot negatieve fossiele CO₂-emissies. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit biogene voordeel nu wordt toegerekend aan de verbranding in de AEC en de CO₂-kwaliteit van de elektriciteit en warmte die daar uitkomen. Bij het toerekenen aan eventuele CO₂-projecten zou de elektriciteit en warmte niet meer groen en CO₂-neutraal genoemd mogen worden.

Daarnaast zal er een drukverschil tussen beide leidingennetten overbrugd moeten worden. Het energiegebruik voor de opwerking van CO₂ van 20 bar (OCAP) naar 40 bar (Porthos) is verkregen van OCAP. Het energieverbruik van de CCS-stap is gebaseerd op de eerdere LCA-studie van CE Delft voor het CO₂-SmartGrid (CE Delft, 2018a) van 40 bar naar 130 bar en is gepresenteerd in Tabel 13.

Tabel 13 - Data-inventarisatie van CCS-toepassing van CO₂ op de OCAP-pijpleiding

Inputs	Hoeveelheid (per ton CO ₂ op de OCAP- pijpleiding)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
Elektriciteitsgebruik om van 20 naar 40 bar te gaan	25 kWh	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)
Elektriciteit voor compressie tot superkritische fase (MJ)	100 MJ	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)
Elektriciteit voor injectie (kWh)	7 kWh	Niet op Ecoinvent gebaseerd. CO ₂ -kental van gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix van (CO ₂ emissiefactoren.nl, 2017)
Outputs	Hoeveelheid (per ton CO ₂ op de OCAP- pijpleiding)	Ecoinvent v 3.4-proces/ Methode modellering
CO ₂ door lekken compressor (kg)	0,0003 kg	Geen, is emissie naar lucht
Opslag biogeen CO ₂ (ton)	(-) 1 ton waarvan; - AEB: 63,6% biogeen	Geen, is opslag van CO ₂

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de levenscyclusanalyse van CCU in de glastuinbouw per AEC weergegeven.

4.1 LCA-resultaten voor de verschillende AECs

Om de resultaten van de LCA inzichtelijk te maken, is het mogelijk deze op verschillende manieren te presenteren. Omdat er nog geen algemene methode bestaat voor de milieu-effectbeoordeling van CCU (zoals in Hoofdstuk 2 al kort benoemd), is het daarnaast ook nuttig om de resultaten iets breder te duiden. Een belangrijk aspect hierin is de omgang met biogeen en fossiel CO₂: wordt dit wel of niet meegerekend als een milieu-impact? Daarom zullen de resultaten hier op twee manieren worden gepresenteerd:

1. Alle CO₂-emissies zorgen voor milieu-impact. Hier zorgen zowel biogene als fossiele CO₂-eq.-emissies voor klimaatverandering.
2. Alleen fossiele CO₂-emissies zorgen voor milieu-impact. Hier heeft kortcyclische, biogene CO₂ geen effect op klimaatverandering, alleen CO₂-eq.-emissies van fossiele oorsprong hebben dit effect.

Een ander aspect dat veel invloed heeft op de resultaten is het referentiesysteem (bij CCU in de glastuinbouw: CO₂-voeding van andere (fossiele) oorsprong). In de in deze studie gepresenteerde resultaten zal de substitutie van het referentiesysteem zorgen voor negatieve emissies (en dus een positiever eindresultaat voor de CCU-route). Zoals eerder beschreven in Paragraaf 3.6 is er discussie mogelijk over de allocatie van de CO₂-reductie in de glastuinbouw als zowel externe CO₂-levering als een duurzame warmtebron nodig is om CO₂-emissiereductie te bewerkstelligen. In de basisanalyse hebben we de CO₂-emissiereductie voor 50% toegerekend aan de inzet van externe CO₂, deze is in de resultatenfiguren te zien als een gekleurde balk. Toekomstig onderzoek zal de daadwerkelijke verdeling moeten bepalen. Omdat dit percentage nog onzeker is, laten we door middel van fout-balken de invloed op de resultaten zien van een toerekening van 0 en van 100% aan de inzet van externe CO₂. Dit zijn de uitersten waartussen de verdeling zou kunnen liggen. In de contributieanalyse in Paragraaf 4.2 is zichtbaar wat de bijdrage van dit referentiesysteem aan de totale CO₂-footprint is, maar er zullen in deze studie geen resultaten worden gepresenteerd waarin het referentiesysteem buiten beschouwing wordt gelaten.

Er wordt geen expliciete vergelijking gemaakt tussen de afvang bij de verschillende AECs omdat de data gebruikt in deze studie per AEC verschilt in kwaliteit. En omdat het in alle gevallen gaat om een initiële engineeringstudie per AEC, kunnen de resultaten nog flink veranderen.

4.1.1 Overzicht resultaten

Tabel 14 geeft de resultaten weer voor alle projectalternatieven, waarbij in de meest rechtse kolom antwoord gegeven wordt op vraag: *‘Wat is de CO₂-emissiereductie als 1 ton CO₂ wordt afgevangen en toegepast, ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ afgevangen wordt?’* De resultaten in deze tabel geven de CO₂-emissie(reductie) weer bij toerekening van 50% van de reductie bij levering aan glastuinbouw met een hernieuwbare warmtebron.



Tabel 14 - Overzicht resultaten per projectalternatief - 50% toerekening van CO₂-emissiereductie bij levering aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron

Projectalternatief	Zichtjaar	CO ₂ -eq.-emissies projectalternatief	CO ₂ -emissies huidige situatie, zonder afvang	CO ₂ -emissiereductie
		<i>(kg CO₂-eq./ton afgevangen CO₂)</i>		
AEB CCU	2024	Fossiele CO ₂ : -2 Alle CO ₂ : 634 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	366
	2030	Fossiele CO ₂ : 83 Alle CO ₂ : 719 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	281
AEB CCU+CCS	2024	Fossiele CO ₂ : -171 Alle CO ₂ : 465 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	535
	2030	Fossiele CO ₂ : -119 Alle CO ₂ : 517 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	483
AEB CCS	2024/2030	Fossiele CO ₂ : -436 Alle CO ₂ : 200 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	800
AVR CCU	2024	Fossiele CO ₂ : -67 Alle CO ₂ : 569 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	431
	2030	Fossiele CO ₂ : 19 Alle CO ₂ : 655 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	345
HVC CCU	2024	Fossiele CO ₂ : -49 Alle CO ₂ : 587 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	413
	2030	Fossiele CO ₂ : 37 Alle CO ₂ : 673 kg	Fossiele CO ₂ : 364 kg Alle CO ₂ : 1.000 kg	327

Tabel 15 laat het verschil tussen de emissiereducties zien wanneer 0 of 100% wordt toegerekend aan de AECs, in het geval van levering aan glastuinbouw met een hernieuwbare warmtebron. De verschillen die we zien komen als volgt tot stand:

- 2024: Een extra reductie van 291 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ bij een toerekening van 100% als alle CO₂ toegepast wordt voor CCU;
- 2024: Een afname van de CO₂-emissiereductie met 291 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ bij een toerekening van 0% als alle CO₂ toegepast wordt voor CCU;
- 2030: Een extra reductie van 272 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ bij een toerekening van 100% als alle CO₂ toegepast wordt voor CCU;
- 2030: Een afname van de CO₂-emissiereductie met 272 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ bij een toerekening van 0% als alle CO₂ toegepast wordt voor CCU.

De afname en toename zijn lager als slechts een deel van de CO₂ gebruikt wordt voor CCU en de rest voor CCS.

We kunnen uit de resultaten voor de ondergrens (0% toerekening) concluderen dat in vergelijking met de huidige situatie - het niet afvangen van CO₂ - er nog steeds een kleine CO₂-emissiereductie behaald wordt, ook al wordt 0% van de toegepaste CO₂ in combinatie met externe warmtevoorziening toegerekend aan de geleverde CO₂.

In het geval van een 100% toerekening aan de geleverde CO₂ kan een emissiereductie behaald worden die in de buurt komt van toepassing van CO₂ voor CCS. Kortom, bij AEB kan een verandering in toerekening leiden tot een verschil in CO₂-emissiereductie tussen de projectalternatieven CCU-CCU/CCS en CCS; hoe lager de toerekening hoe aantrekkelijker de CCS-route wordt.

Tabel 15 - Resultaten bij verschillende toerekening CO₂-emissiereductie aan inzet externe CO₂ - 0%/50%/100%

Projectalternatief	2024			2030		
	(kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)			(kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)		
% toerekening	0%	50%	100%	0%	50%	100%
AEB CCU	75	366	658	9	281	553
AEB CCU+CCS	357	535	713	369	483	701
AEB CCS	800	800	800	800	800	800
AVR CCU	140	431	722	73	345	617
HVC CCU	121	413	704	53	327	599

Toelichting: De resultaten voor het projectalternatief AEB CCS veranderen niet en de tabel geeft dus ook geen veranderingen weer.

In de volgende paragrafen gaan we verder in op de resultaten voor de drie verschillende AECs, de resultaten voor AEB zijn beschreven in Paragraaf 4.1.2, voor AVR in Paragraaf 4.1.3, en voor HVC in Paragraaf 4.1.4.

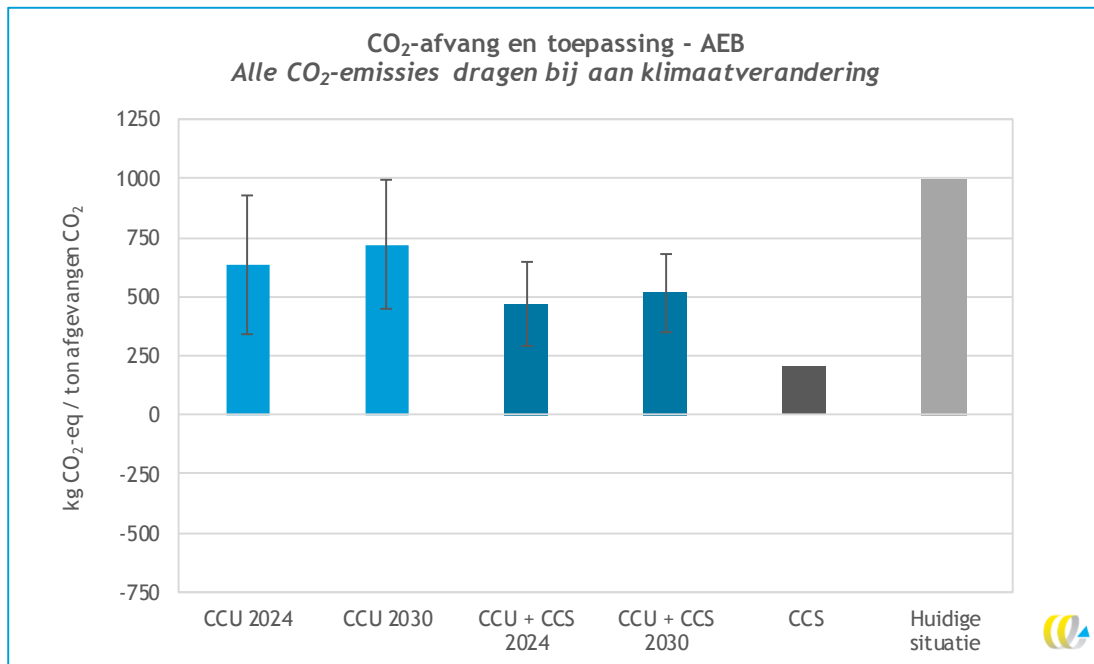
4.1.2 AEB

Figuur 6 laat de resultaten van de LCA voor CCU, CCU+CCS en CCS bij AEB zien van de beoordelingsmethode waarbij alle CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering (biogene emissies worden meegeteld). In de figuur is te zien dat in al deze projectalternatieven CO₂-reductie plaatsvindt ten opzichte van de huidige situatie. Zoals al eerder genoemd, wordt deze veroorzaakt door de substitutie van de referentie (zie Paragraaf 3.6). Er zullen nog steeds emissies zijn in de projectalternatieven, vanwege emissies uit het CO₂-afvang en -opwaarderingsproces en de CO₂-emissies die vrijkomen in de glastuinbouw. Van de resultaten van de twee projectalternatieven CCU en CCU+CCS komt de laatste iets positiever naar voren omdat een deel van de emissies hier wordt opgeslagen in plaats van geëmitteerd in de glastuinbouw.

Door de CO₂-emissies per projectalternatief te verminderen met de emissies in de huidige situatie waarin CO₂ niet wordt afgevangen (de grijze balk in de figuren) kan antwoord gegeven worden op de hoofdvraag: 'Wat is de CO₂-emissiereductie als 1 ton CO₂ wordt afgevangen en toegepast, ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ afgevangen wordt?' De CO₂-emissiereductie door de gehele keten in 2024 is voor CCU ongeveer 366 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 75 en 658 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0% en 100%), voor CCU+CCS ongeveer 535 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 357 en 713 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0% en 100%) en voor CCS ongeveer 800 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen en wanneer voor de emissiereductie voor levering van CO₂ aan glastuinbouw met hernieuwbare warmte een toerekening van 50% aan AEB wordt gehanteerd. In de foutbalken in de figuur is de bandbreedte tussen 0-100% toerekening te zien.

In 2030 is de CO₂-emissiereductie lager en komt de reductie door de hele keten uit op 281 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ voor CCU (of 9 en 553 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0 en 100%), voor CCU+CCS ongeveer 483 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 369 en 701 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0% en 100%) en voor CCS ongeveer 800 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen en wanneer voor de emissiereductie voor levering van CO₂ aan glastuinbouw met hernieuwbare warmte een toerekening van 50% aan AEB wordt gehanteerd. In de foutbalken in de figuur is de bandbreedte tussen 0-100% toerekening te zien.

Figuur 6 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij AEB en toepassing van CO₂ in glastuinbouw en/of CCS per ton afgevangen CO₂, inclusief biogene CO₂-emissies

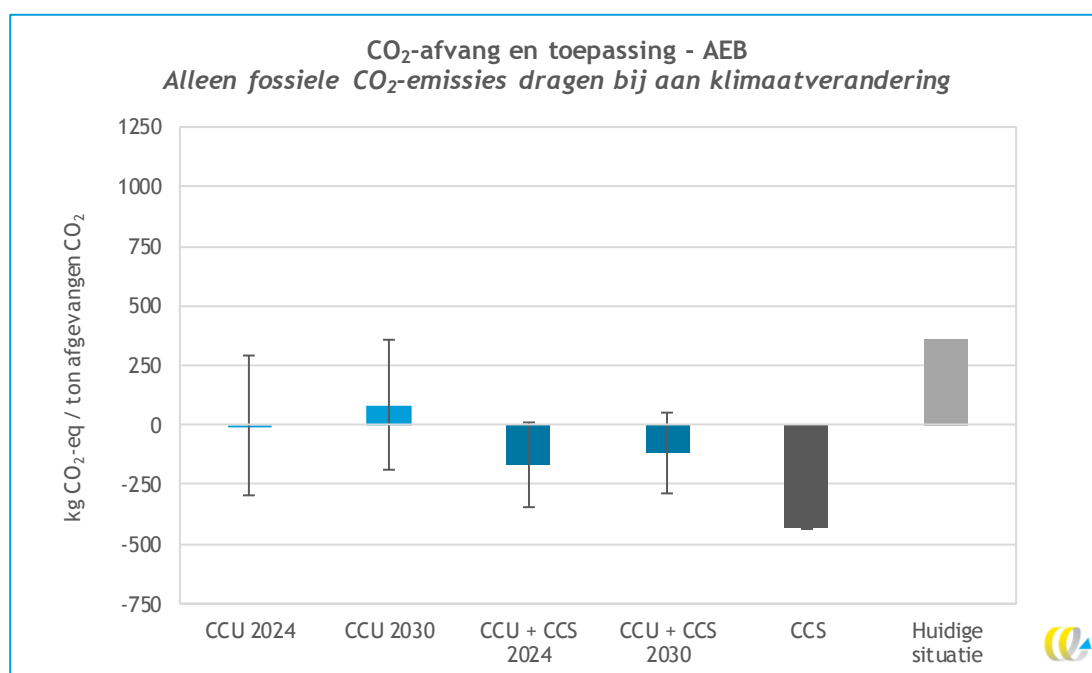


- Let op: Deze figuur geeft alle CO₂-emissies weer, ook biogene CO₂-emissies.
- Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.
- Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

Figuur 7 laat de resultaten van de LCA voor CCU, CCU+CCS en CCS bij AEB zien van de beoordelingsmethode waarbij alleen fossiele CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering (biogene emissies worden **niet** meegeteld). Door deze manier van omgang met de resultaten, leiden CCU in 2024, CCU+CCS (beide jaren) en CCS tot netto negatieve CO₂-emissies. Dit komt omdat er tijdens de afvang, opwerking en toepassing van CO₂ minder fossiele CO₂-emissies vrijkomen dan vermeden worden door toepassing van deels biogene externe CO₂ in de glastuinbouw. Er kan immers minder aardgas gebruikt worden in de glastuinbouw, die volledig leidt tot fossiele CO₂-emissies. Toepassen van CCU in 2030 leidt tot een CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie, maar niet tot netto negatieve emissies.

De emissiereducties per ton afgevangen CO₂ ten opzichte van de huidige situatie zijn gelijk aan die beschreven boven Figuur 6. De manier van toerekenen van biogene CO₂-emissies maakt dus niet uit voor de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.

Figuur 7 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij AEB en toepassing van CO₂ in glastuinbouw en/of CCS per ton afgevangen CO₂, exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief langetermijnopslag biogene CO₂



Let op: Deze figuur geeft alleen geëmitteerde fossiele CO₂-emissies weer, dit is exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief opslag van biogene CO₂.

Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.

Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

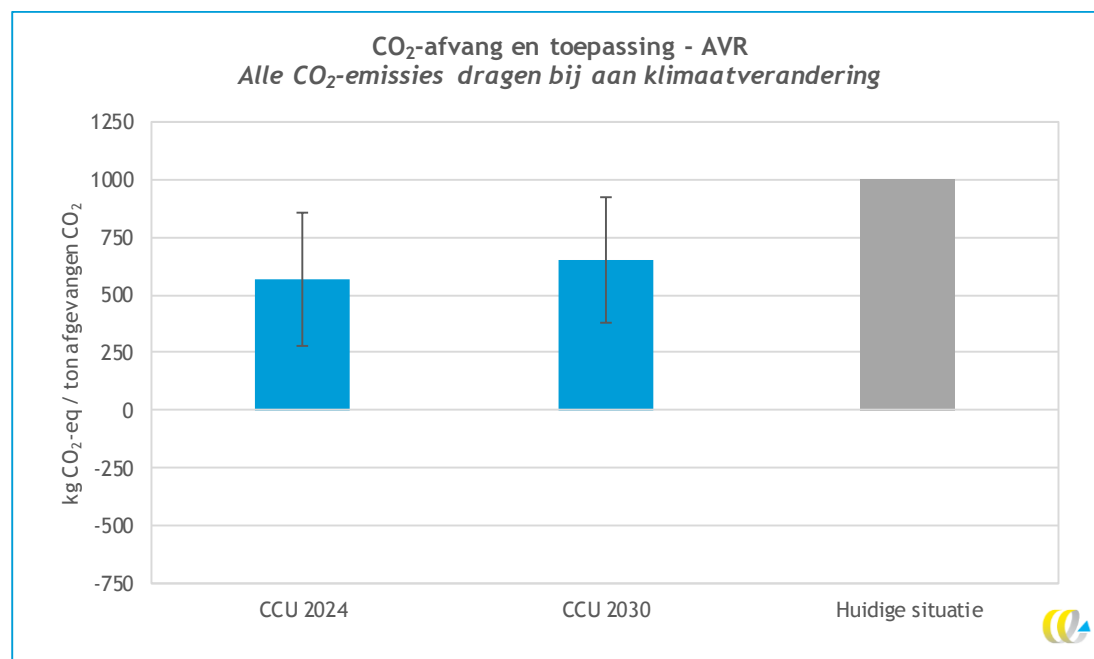
4.1.3 AVR

Figuur 8 laat de resultaten van de LCA voor CCU bij AVR zien van de beoordelingsmethode waarbij alle CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering (biogene emissies worden meegeteld). Er vindt CO₂-reductie ten opzichte van de huidige situatie plaats. Zoals al eerder genoemd, wordt deze CO₂-reductie veroorzaakt door de substitutie van de referentie (zie Paragraaf 3.6). Er zullen nog steeds emissies zijn bij toepassing van CCU, vanwege emissies uit het CO₂-afvang en -opwaarderingsproces.

Door de CO₂-emissies per projectalternatief te verminderen met de emissies in de huidige situatie waarin CO₂ niet wordt afgevangen (de grijze balk in de figuren) kan antwoord gegeven worden op de hoofdvraag: 'Wat is de CO₂-emissiereductie als 1 ton CO₂ wordt afgevangen en toegepast, ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ afgevangen wordt?' De CO₂-emissiereductie door de gehele keten bij toepassing van CCU in 2024 is ongeveer 431 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 140 en 722 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0 en 100%) ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen en wanneer voor de emissiereductie voor levering van CO₂ aan glastuinbouw met hernieuwbare warmte een toerekening van 50% aan AVR wordt gehanteerd. In de foutbalken in de figuur is de bandbreedte tussen 0-100% toerekening te zien.

In 2030 is de CO₂-emissiereductie lager en komt de reductie door de hele keten uit op 345 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 73 en 617 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0% en 100%) ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen en wanneer voor de emissiereductie voor levering van CO₂ aan glastuinbouw met hernieuwbare warmte een toerekening van 50% aan AVR wordt gehanteerd. In de foutbalken in de figuur is de bandbreedte tussen 0%-100% toerekening te zien.

Figuur 8 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij AVR en toepassing van CO₂ in glastuinbouw per ton afgevangen CO₂, inclusief biogene CO₂-emissies



Let op: Deze figuur geeft alle CO₂-emissies weer, ook biogene CO₂-emissies.

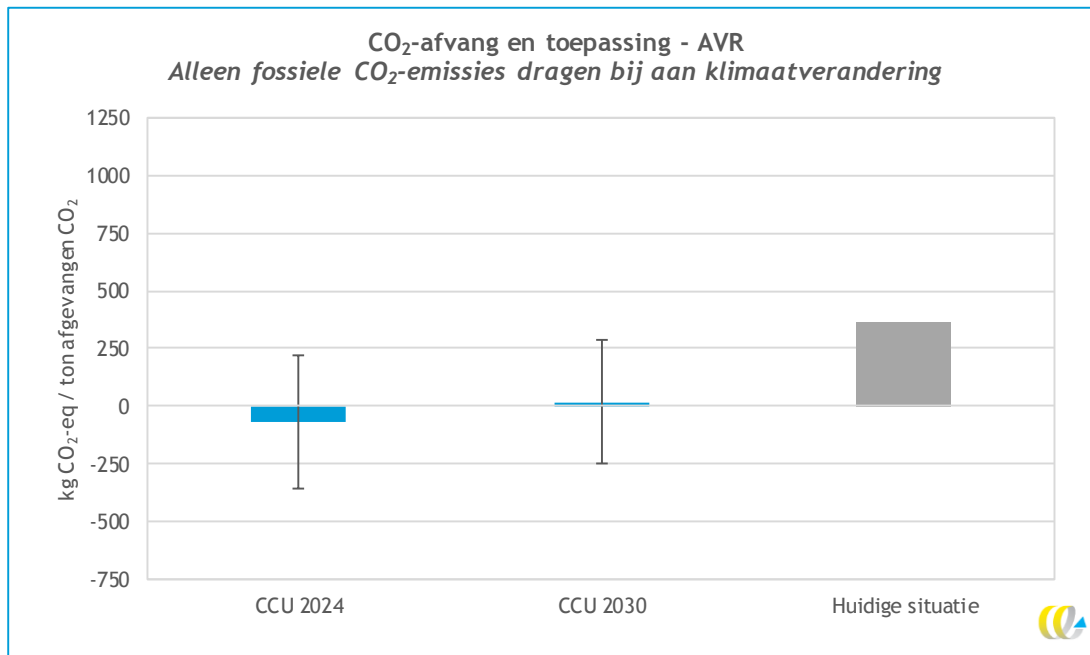
Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.

Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

Figuur 9 laat de resultaten van de LCA voor CCU bij AVR zien van de beoordelingsmethode waarbij alleen fossiele CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering (biogene emissies worden niet meegeteld). Door deze manier van omgang met de resultaten, leidt toepassing van CCU in 2024 tot netto negatieve CO₂-emissies. Dit komt omdat er tijdens de afvang, opwerking en toepassing van CO₂ minder fossiele CO₂-emissies vrijkomen dan vermeden worden door toepassing van deels biogene externe CO₂ in de glastuinbouw. Er kan immers minder aardgas gebruikt worden in de glastuinbouw, die volledig leidt tot fossiele CO₂-emissies. Toepassen van CCU in 2030 leidt tot een CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie, maar niet tot netto negatieve emissies.

De emissiereducties per ton afgevangen CO₂ ten opzichte van de huidige situatie zijn gelijk aan die beschreven boven Figuur 8. De manier van toerekenen van biogene CO₂-emissies maakt dus niet uit voor de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.

Figuur 9 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij AVR en toepassing van CO₂ in glastuinbouw per ton afgevangen CO₂, exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief langetermijnsopslag biogene CO₂



- Let op: Deze figuur geeft alleen geëmitteerde fossiele CO₂-emissies weer, dit is exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief opslag van biogene CO₂.
- Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.
- Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

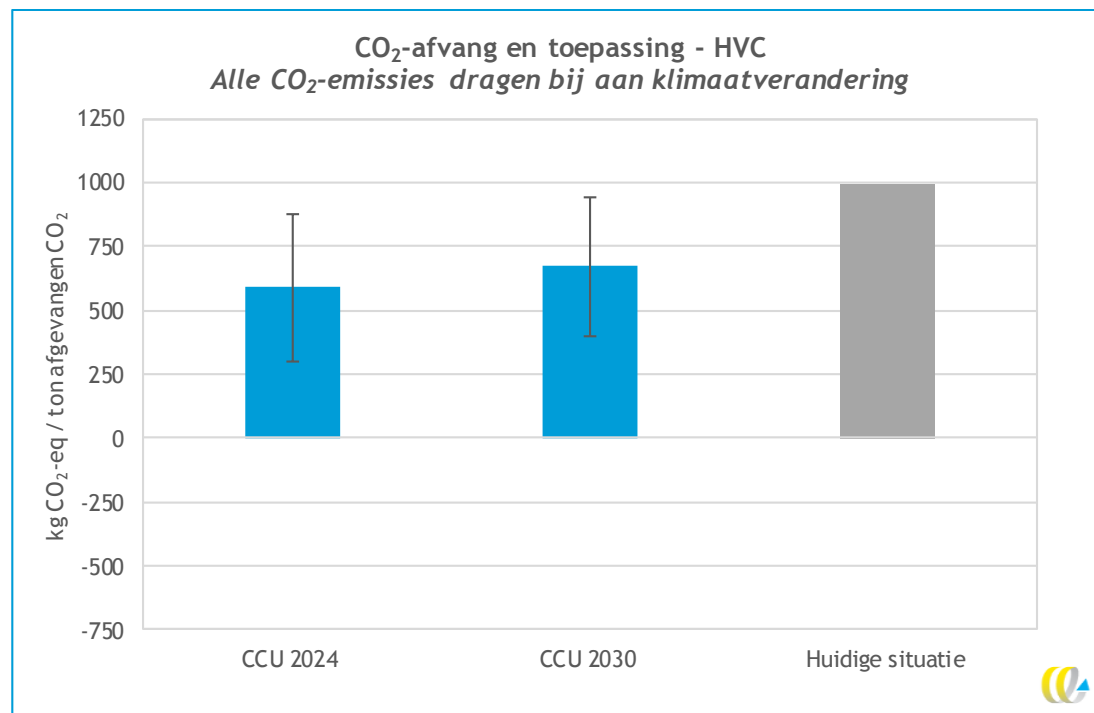
4.1.4 HVC

Figuur 10 laat de resultaten van de LCA voor CCU bij HVC zien van de beoordelingsmethode waarbij alle CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering (biogene emissies worden meegerekend). Er vindt CO₂-reductie ten opzichte van de huidige situatie plaats. Zoals al eerder genoemd, wordt deze CO₂-reductie veroorzaakt door de substitutie van de referentie (zie Paragraaf 3.6). Er zullen nog steeds emissies zijn bij toepassing van CCU, vanwege emissies uit het CO₂-afvang en -opwaarderingsproces.

Door de CO₂-emissies per projectalternatief te verminderen met de emissies in de huidige situatie waarin CO₂ niet wordt afgevangen (de grijze balk in de figuren) kan antwoord gegeven worden op de hoofdvraag: 'Wat is de CO₂-emissiereductie als 1 ton CO₂ wordt afgevangen en toegepast, ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ afgevangen wordt?' De CO₂-emissiereductie door de gehele keten in 2024 is ongeveer 413 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 121 en 704 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0 en 100%) ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen en wanneer voor de emissiereductie voor levering van CO₂ aan glastuinbouw met hernieuwbare warmte een toerekening van 50% aan HVC wordt gehanteerd. In de foutbalken in de figuur is de bandbreedte tussen 0-100% toerekening te zien.

In 2030 is de CO₂-emissiereductie lager en komt de reductie door de hele keten uit op 327 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂ (of 53 en 599 kg CO₂-eq./ton afgevangen bij resp. 0% en 100%) ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen en wanneer voor de emissiereductie voor levering van CO₂ aan glastuinbouw met hernieuwbare warmte een toerekening van 50% aan HVC wordt gehanteerd. In de foutbalken in de figuur is de bandbreedte tussen 0%-100% toerekening te zien.

Figuur 10 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij HVC en toepassing van CO₂ in glastuinbouw per ton afgevangen CO₂, inclusief biogene CO₂-emissies



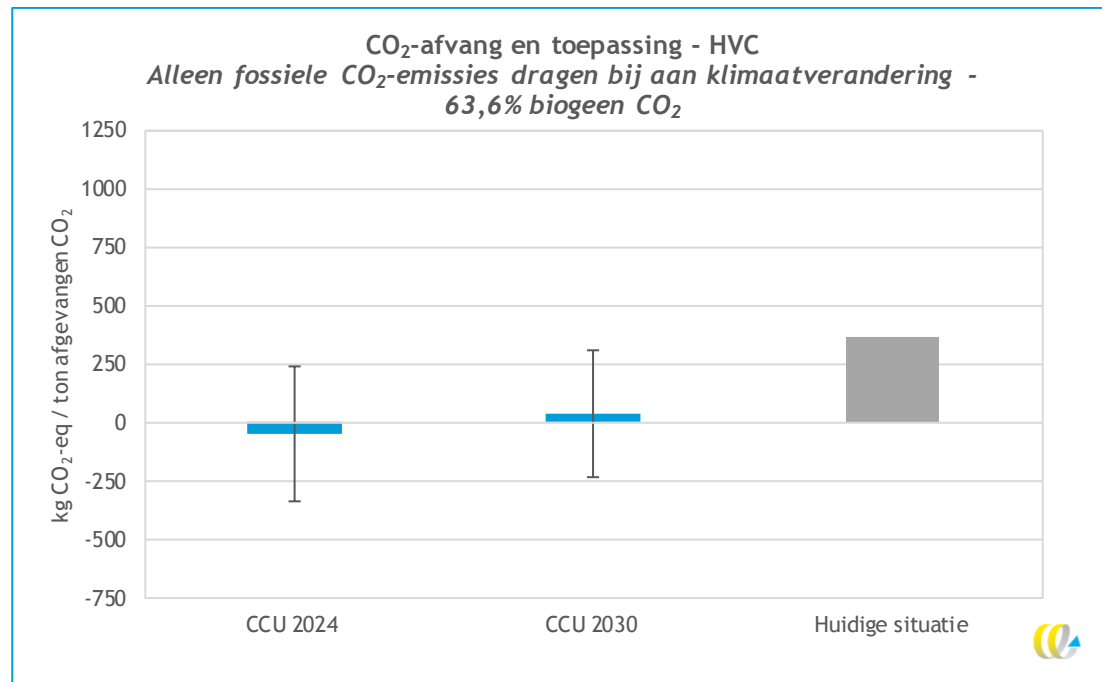
- Let op: Deze figuur geeft alle CO₂-emissies weer, ook biogene CO₂-emissies.
- Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.
- Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

Figuur 11 en Figuur 12 laat de resultaten van de LCA voor CCU bij HVC zien van de beoordelingsmethode waarbij alleen fossiele CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering (biogene emissies worden niet meegeteld). Door deze manier van omgang met de resultaten, leidt toepassing van CCU in 2024 tot netto negatieve CO₂-emissies. Dit komt omdat er tijdens de afvang, opwerking en toepassing van CO₂ minder fossiele CO₂-emissies vrijkomen dan vermeden worden door toepassing van deels biogene externe CO₂ in de glastuinbouw. Er kan immers minder aardgas gebruikt worden in de glastuinbouw, die volledig leidt tot fossiele CO₂-emissies. Figuur 11 geeft de resultaten weer voor de situatie waarin het aandeel biogeen 63,6% is (alle CO₂ komt uit de AEC). Toepassen van CCU in 2030 leidt daarbij tot een CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie, maar niet tot netto negatieve emissies. Figuur 12 laat de situatie zien waarin het aandeel biogeen 100% is (alle CO₂ komt uit de BEC). Wanneer wordt bijgemengd met CO₂ uit de BEC (oplopend tot

alleen CO₂ uit de BEC), levert dit ook in 2030 al snel negatieve CO₂-emissies op (mits het aandeel CO₂ uit de BEC groot genoeg is).

De emissiereducties per ton afgevangen CO₂ ten opzichte van de huidige situatie zijn gelijk aan die beschreven boven Figuur 10. De manier van toerekenen van biogene CO₂-emissies maakt dus niet uit voor de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.

Figuur 11 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij HVC en toepassing van CO₂ in glastuinbouw per ton afgevangen CO₂, exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief langetermijnsopslag biogene CO₂ bij 63,6% biogeen CO₂

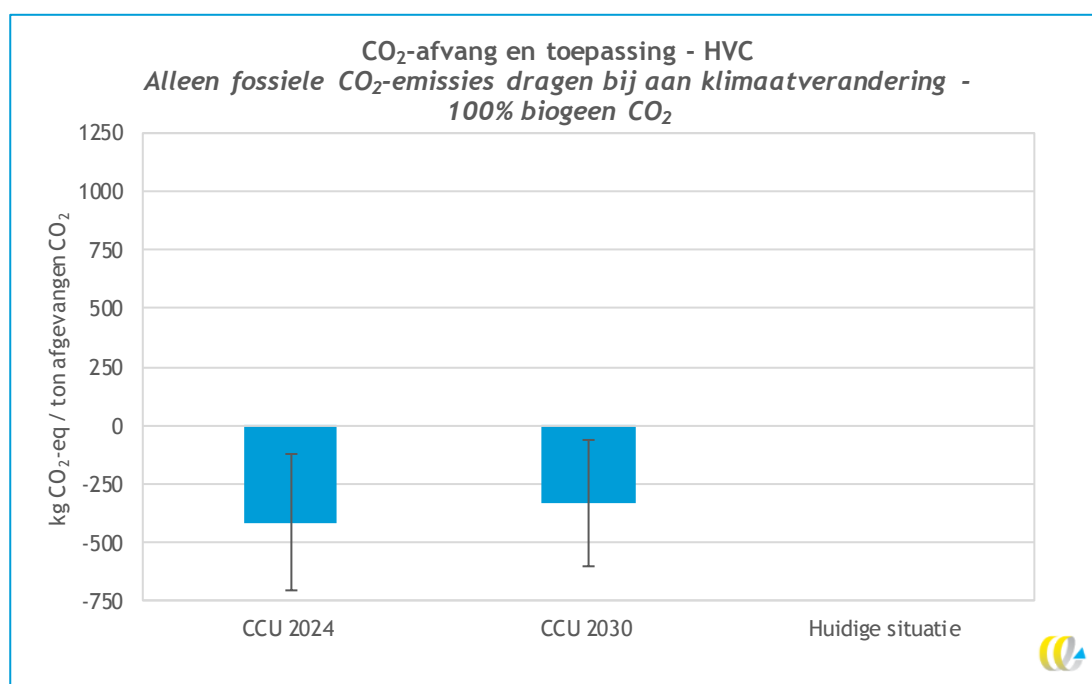


Let op: Deze figuur geeft alleen geëmitteerde fossiele CO₂-emissies weer, dit is exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief opslag van biogene CO₂.

Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.

Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

Figuur 12 - Klimaatimpact CO₂-afvang bij HVC en toepassing van CO₂ in glastuinbouw per ton afgevangen CO₂, exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief langetermijnsopslag biogene CO₂ bij 100% biogeen CO₂



- Let op: Deze figuur geeft alleen geëmitteerde fossiele CO₂-emissies weer, dit is exclusief biogene CO₂-emissies en inclusief opslag van biogene CO₂.
- Toelichting 1: Hoe lager de kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂, hoe hoger de CO₂-emissiereductie ten opzichte van de huidige situatie.
- Toelichting 2: De gekleurde balken in de figuur die een projectalternatief weergeven met CCU als optie, geven de emissie weer wanneer 50% van emissiereductie die wordt behaald wanneer de CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron, wordt toegerekend aan de AEC. De foutbalken geven de bandbreedte van de resultaten weer bij een toerekening van 0-100%.

4.2 Contributieanalyse

In de resultaten in deze paragraaf wordt weergegeven wat de bijdrage van verschillende processtappen aan de totale CO₂-footprint van de afvang en benutting van een ton CO₂ in de glastuinbouw, per afvalenergiecentrale. Dit geeft inzicht in hoe de CO₂-reductie ten opzichte van de huidige situatie, zoals gepresenteerd in Paragraaf 4.1, tot stand zijn gekomen.

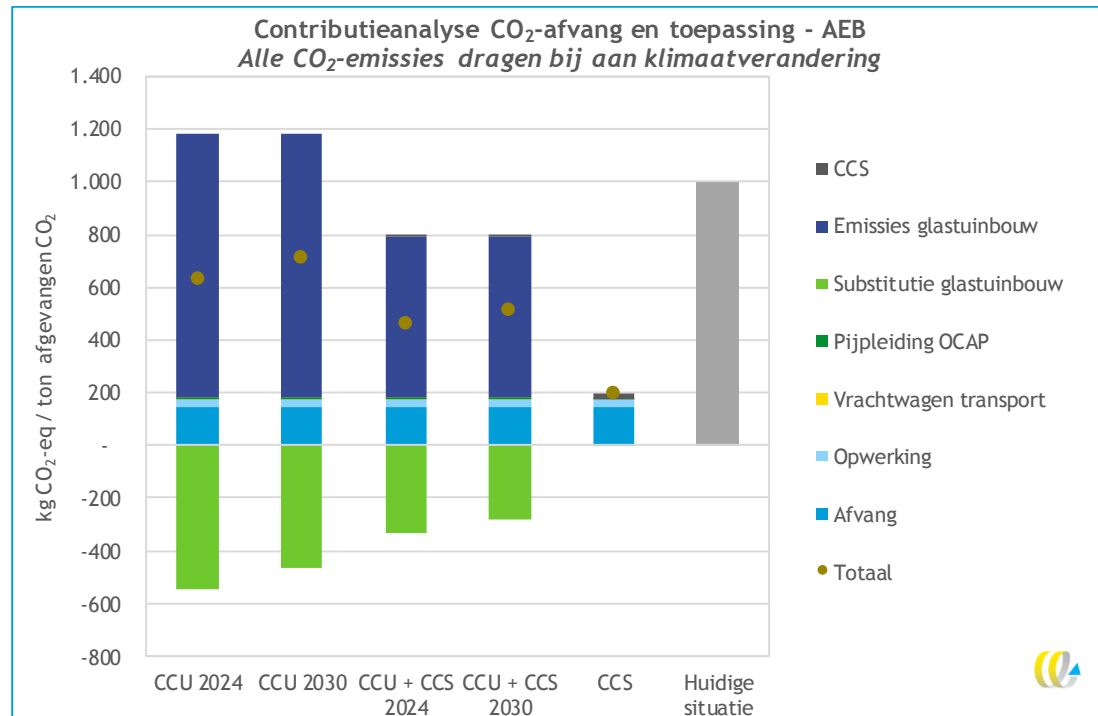
4.2.1 AEB

In Figuur 13 zijn de contributieanalyses van de projectalternatieven bij AEB gepresenteerd. Hierin is te zien dat er bij de projectalternatieven met CCU twee posten zijn die de grootste impact hebben op het totaal: emissies glastuinbouw en substitutie glastuinbouw - de eerste zorgt voor uitstoot van CO₂, en dankzij de tweede vindt er reductie plaats ten opzichte van de huidige situatie. Daarnaast is het opvallend dat transport (via pijpleiding of vrachtwagen) geen significante invloed heeft op het totaal.

In de figuur wordt daarnaast inzichtelijk gemaakt dat de hogere klimaatimpact van CCU in 2030 ten opzichte van 2024 wordt veroorzaakt door het verschil in de post 'Substitutie glastuinbouw'.

Voor CCS is te zien dat de emissies vooral uit het afvangproces bij AEB komen, en in mindere mate door de twee opwaarderingsstappen daarna.

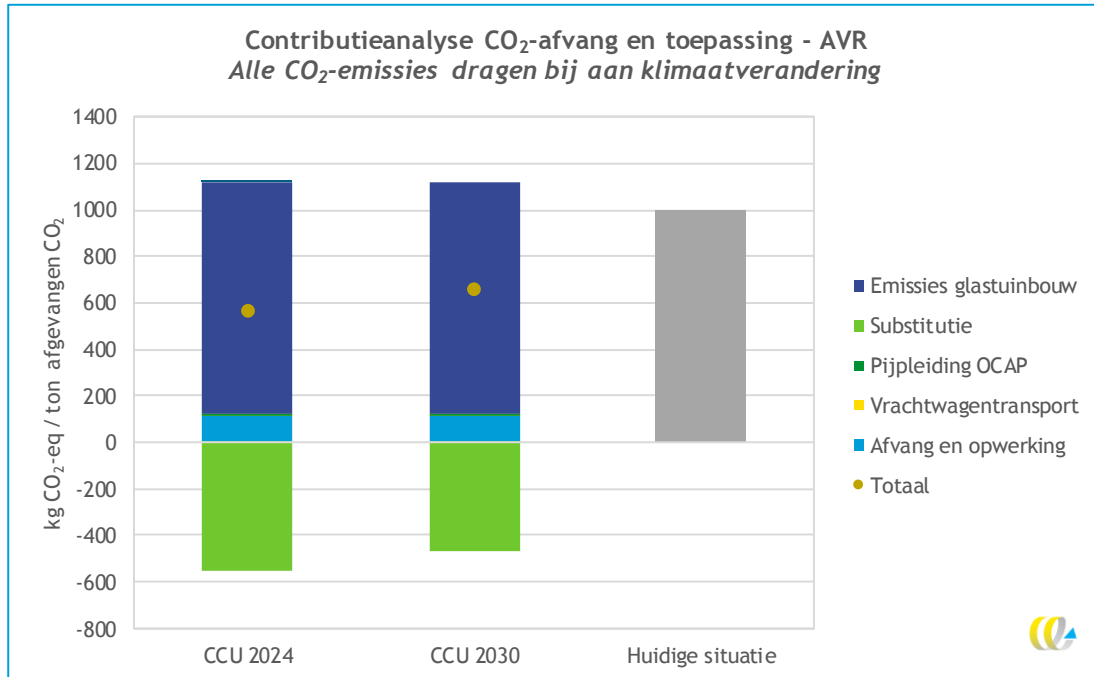
Figuur 13 - Contributieanalyse CO₂-afvang en -toepassing AEB



4.2.2 AVR

In Figuur 14 zijn de contributieanalyses van de projectalternatieven bij AVR gepresenteerd. Hierin is te zien dat er bij CCU twee posten zijn die de grootste impact hebben op het totaal: emissies glastuinbouw en substitutie glastuinbouw - de eerste zorgt voor uitstoot van CO₂, en dankzij de tweede vindt er reductie plaats ten opzichte van de huidige situatie. Daarnaast is het opvallend dat transport (via pijpleiding of vrachtwagen) geen significante invloed heeft op het totaal. In de figuur wordt tot slot inzichtelijk gemaakt dat de hogere klimaatimpact van CCU in 2030 ten opzichte van 2024 wordt veroorzaakt door het verschil in de post 'Substitutie glastuinbouw'. Afvang en opwerking van CO₂ zijn bij AVR samen gepresenteerd.

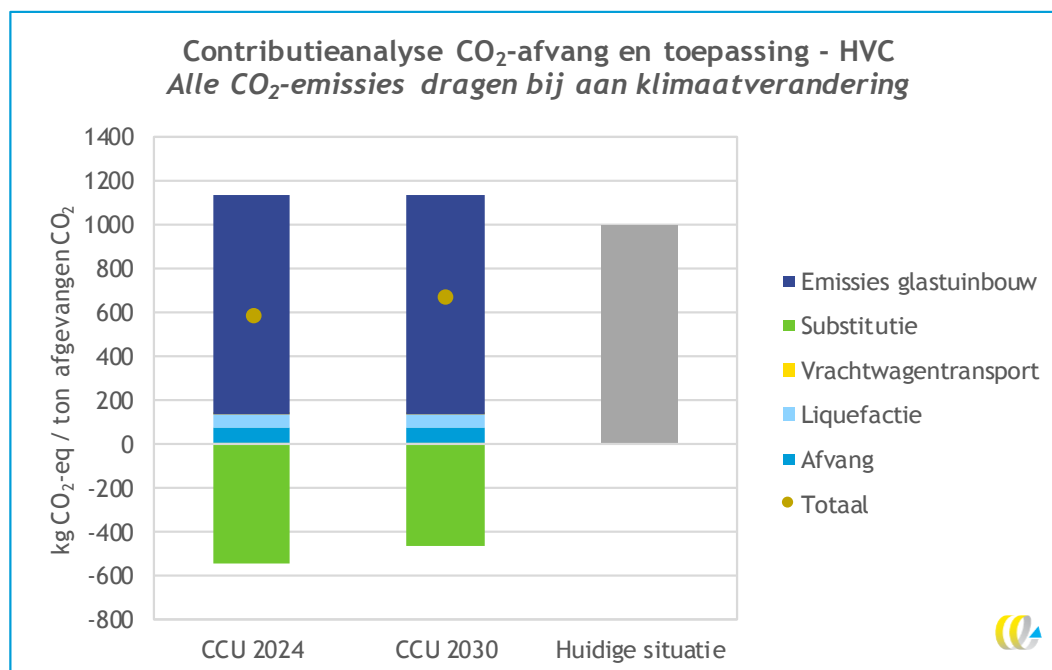
Figuur 14 - Contributieanalyse CO₂-afvang en -toepassing AVR



4.2.3 HVC

In Figuur 15 zijn de contributieanalyses van de projectalternatieven bij HVC gepresenteerd. Hierin is te zien dat er bij CCU twee posten zijn die de grootste impact hebben op het totaal: emissies glastuinbouw en substitutie glastuinbouw - de eerste zorgt voor uitstoot van CO₂, en dankzij de tweede vindt er reductie plaats ten opzichte van de huidige situatie. Daarnaast is het opvallend dat transport (via pijpleiding of vrachtwagen) geen significante invloed heeft op het totaal. In de figuur wordt tot slot inzichtelijk gemaakt dat de hogere klimaatimpact van CCU in 2030 ten opzichte van 2024 wordt veroorzaakt door het verschil in de post 'Substitutie glastuinbouw'.

Figuur 15 - Contributieanalyse CO₂-afvang en -toepassing HVC



4.3 Gevoeligheidsanalyse

Onzekerheden in de resultaten zitten 'm vooral de onzekerheden over toepassing in de glastuinbouw - het belangrijkste voorbeeld is de gevoeligheid van resultaten voor toerekening van de CO₂-emissiereductie bij toepassing in glastuinbouw als de reden voor CO₂-vraag een duurzame warmtebron is. Deze onzekerheid is al in de hoofdresultaten meegenomen door het laten zien van een bandbreedte bij toerekening van de emissiereductie aan de AEC van 0-100%, met behulp van foutbalken.

Naast de bovenstaande onzekerheid, heeft een ander energieverbruik mogelijk een invloed op de CO₂-emissiereductie per ton afgevangen en toegepaste ton CO₂ ten opzichte van de huidige situatie waarin geen CO₂ wordt afgevangen.

We voeren daarom de volgende gevoeligheidsanalyse uit:

Energiegebruik afvang en opwerking CO₂

In deze gevoeligheidsanalyses kijken we naar de invloed op de resultaten van een verdubbeling van het energieverbruik voor afvang en opwerking van CO₂ ten opzichte van de basisanalyse. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 16. De verdubbeling van energiegebruik zorgt voor een lagere CO₂-emissiereductie van tussen de 113 en 209 kg CO₂-eq. per ton afgevangen CO₂. Dit heeft dus een substantiële invloed op de resultaten. Toch leveren alle bekeken CCU-projectalternatieven nog een CO₂-emissiereductie ten opzichte van geen afvang en toepassing van CO₂.

Tabel 16 - Gevoeligheid resultaten voor energiegebruik afvang en opwerking CO₂

Projectalternatief	2024 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)	2030 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)
AEB CCU	Basisanalyse: 366 Verdubbeling energiegebruik: 192	Basisanalyse: 281 Verdubbeling energiegebruik: 106
AEB CCU+CCS	Basisanalyse: 535 Verdubbeling energiegebruik: 350	Basisanalyse: 483 Verdubbeling energiegebruik: 298
AEB CCS	Basisanalyse: 800 Verdubbeling energiegebruik: 590	Basisanalyse: 800 Verdubbeling energiegebruik: 590
AVR CCU	Basisanalyse: 431 Verdubbeling energiegebruik: 318	Basisanalyse: 345 Verdubbeling energiegebruik: 232
HVC CCU	Basisanalyse: 413 Verdubbeling energiegebruik: 278	Basisanalyse: 327 Verdubbeling energiegebruik: 192

5 Conclusie

Op dit moment wordt door de drie afvalenergiecentrales AEB, AVR en HVC CO₂ geëmitteerd. Door het afvangen van CO₂ en toepassing ervan in de glastuinbouw (CCU) of opslag ervan in lege gasvelden in de Noordzee (CCS) kunnen CO₂-emissies gereduceerd worden. Door de verschillende AECs kunnen de in Tabel 17 gepresenteerde CO₂-emissiereducties (in 2024 en 2030) ten opzichte van de huidige situatie worden behaald. De emissiereducties gelden voor zowel de situatie waarin biogene CO₂ wordt meegeteld voor klimaatimpact (1 ton CO₂/ton CO₂-emissie), als voor de situatie waarin deze niet wordt meegeteld (0,364 fossiele ton CO₂/ton CO₂-emissie).

In Tabel 17 is te zien dat alle in dit project beschouwde CCU/CCS-routes leiden tot een reductie van CO₂-emissies, waarmee alle projectalternatieven ook leiden tot een reductie van impact op klimaatverandering, vergeleken met de situatie waarin de CO₂ niet wordt afgevangen.

Het afvangen van 1.000 kg CO₂ bij de AECs leidt tot een netto CO₂-emissiereductie van tussen de 9 en 800 kg, 281 en 800 kg of 553 en 800 kg. Hierbij worden de verschillen veroorzaakt door een verschil in toerekening van de CO₂-emissiereductie bij levering van CO₂ aan glastuinbouw met een hernieuwbare warmtebron (resp. 0%, 50% en 100% toerekening aan de AEC). De emissiereductie bij CCS (opslag in de ondergrond) is hoger en stabiel omdat die emissiereductie volledig aan deze projecten kan worden toegerekend. De CO₂-emissiereductie die behaald kan worden bij toepassing in de glastuinbouw wordt gedeeltelijk toegerekend aan het toevoegen van externe CO₂ in de glastuinbouw. In het geval dat er voor deze CO₂-emissiereductie ook hernieuwbare warmte benodigd is, wordt een deel van de emissiereductie ook toegerekend aan het warmteproject.

De emissiereductie wordt veroorzaakt door de substitutie van de referentiesituatie, waarin (externe) fossiele CO₂ met name uit een aardgasketel wordt toegepast voor plantbemesting. Het feit dat in 2030 een lagere emissiereductie kan worden verkregen ten opzichte van de huidige situatie zonder CCU, komt doordat de referentie verandert in de tijd. Tuinders kunnen richting 2030 ook andere manieren vinden om hun CO₂-voorziening veilig te stellen zoals een biogasketel of een biomassaketel. In de toekomst wordt dus minder fossiele CO₂ gesubstitueerd dankzij CO₂ geleverd door de AECs dan in 2024.

Tabel 17 - Resultaten LCA, input MKBA - CO₂-emissiereductie door toepassing van CCU (alle AECs), CCU+CCS (AEB) en CCS (AEB) in 2024 en 2030, ten opzichte van huidige situatie (bij verschillende toerekening van CO₂-emissiereductie bij levering aan glastuinbouw met hernieuwbare warmtebron)

Projectalternatief	2024 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)			2030 (kg CO ₂ -eq./ton afgevangen CO ₂)		
	0%	50%	100%	0%	50%	100%
% toerekening	0%	50%	100%	0%	50%	100%
AEB CCU	75	366	658	9	281	553
AEB CCU+CCS	357	535	713	369	483	701
AEB CCS	800	800	800	800	800	800
AVR CCU	140	431	722	73	345	617
HVC CCU	121	413	704	53	327	599

Toelichting: De resultaten voor het projectalternatief AEB CCS veranderen niet en de tabel geeft dus ook geen veranderingen weer.

Omdat niet genoeg informatie beschikbaar is over de solvent, kon geen uitspraak gedaan worden over overige milieueffecten die samenhangen met het gebruik van en de productie van solvents. De conclusies gelden daarmee alleen voor het milieueffect klimaatverandering.

Gevoeligheidsanalysen

Het energiegebruik is belangrijk gebleken in de resultaten. Vanuit een klimaat oogpunt is het essentieel om het energiegebruik zo laag mogelijk te houden. Het is verder aan te bevelen om zodra verdere engineeringstudies uitgevoerd zijn voor de drie AECs, om de bepaalde energiegebruiken mee te nemen in toekomstige LCA en MKBA-studies.

Na 2030

De emissiereductie zal na 2030 door een toename van toepassing van CO₂ in combinatie met duurzame warmte verder afnemen. Het is dus aan te bevelen om naast toepassing in de glastuinbouw ook te gaan kijken naar alternatieve CCU-routes. Zoals toepassing van CO₂ in bouwmaterialen waarbij CO₂ voor langere tijd vastgelegd wordt, dit is vergelijkbaar met CCS maar in dit geval wordt er wel een product geproduceerd.

Aanbevelingen

- het is aan te bevelen de resultaten te updaten als er meer duidelijkheid is over de toe te passen toerekening van de CO₂-emissiereductie bij zowel toepassing van duurzame warmte en toepassen van externe CO₂ in de glastuinbouw;
- het is aan te bevelen de resultaten te updaten als er meer duidelijkheid is over de verdeling over de vier verschillende redenen om CO₂ toe te voegen in de glastuinbouw op de korte termijn (2024);
- het is aan te bevelen de resultaten te updaten als uitgebreidere engineeringstudies voor de verschillende projectalternatieven zijn uitgevoerd.

6 Bibliografie

CE Delft, 2017. *STREAM Goederenvervoer 2016 Versie 2*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2018a. *Screening LCA for CCU routes connected to CO2 Smart Grid*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2018b. *MKBA CCU Smart Grid*, Delft: CE Delft.

CO2emissiefactoren.nl, 2017. *Lijst emissiefactoren*. [Online]
Available at: <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-emissiefactoren/>
[Geopend 17 April 2019].

Ecoinvent, 2017. *Ecoinvent v3.4 database*, Zurich, Zwitserland: sn

LEI, 2010. *CO2-voorziening glastuinbouw 2008-2020. Vooruitbrlik bij toepassing 20% duurzame energie*, Den Haag: LEI, Wageningen UR.

RIVM, 2018. *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2016 - National Inventory Report 2018*, Bilthoven: RIVM.

RuwBouwGroep, sd *Compensatiesteen: een revolutie op het gebied van vermindering van het broeikas-effect*. [Online]
Available at: <https://www.ruwbouw.nl/product/compensatiesteen-2/>
[Geopend 13 Mei 2019].

SAPEA, 2018. *Novel carbon capture and utilisation technologies - Research and climate aspects*, Berlin: SAPEA.

Technische Universität Berlin, RWTH Aachen University, The University of Sheffield, IASS Potsdam, 2018. *Techno-Economic Assessment & Life Cycle Assessment Guidelines for CO2 Utilization*, Berlin, Sheffield, Aachen, Potsdam: CO2Chem Media and Publishing Ltd.

WEER, 2016. *Prognose CO2-emissie glastuinbouw 2020*, Wageningen: Wageningen Economic Research.

WEER, 2018. *Prognoses CO2-emissie glastuinbouw 2030*, Wageningen: Wageningen Economic Research.





CO₂-behoefte glastuinbouw 2030

N.J.A. van der Velden en P.X. Smit

CO₂-behoefte glastuinbouw 2030

N.J.A. van der Velden en P.X. Smit

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Economic Research in opdracht van het Programma Kas als Energiebron en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, vanuit het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'Energie en CO₂' (BO-51-002-006)

Wageningen Economic Research
Wageningen, juni 2019

RAPPORT
2019-074
ISBN 978-94-6395-009-1

De glastuinbouw is actief om het gebruik van fossiele brandstoffen en de CO₂-emissie te reduceren. Hiernaast gebruikt de glastuinbouw CO₂ als meststof voor de gewassen. Het CO₂-gebruik door de glastuinbouw is in de huidige situatie vooral afkomstig uit de rookgassen van de aardgasgestookte wkk en verwarmingsketels in de glastuinbouw. Een beperkt deel van de benodigde CO₂ wordt extern ingekocht. In de toekomstige situatie zonder CO₂-emissie c.q. aardgasverbruik is er geen eigen CO₂-voorziening en is er meer externe CO₂-voorziening nodig. De geprognoseerde externe CO₂-behoefte loopt in 2030 uiteen van 1,8 Mton in het pessimistische scenario tot 3,0 Mton in het optimistische scenario. In het optimistische scenario is er meer economische groei, is het areaal kassen groter en wordt er meer CO₂ per m² kas gedoseerd. In het pessimistische scenario is het tegenovergestelde het geval. Voor het realiseren van CO₂-besparing kan een tariefstructuur voor de CO₂-voorziening die minder leunt op vaste kosten en meer op variabele een belangrijke bijdrage leveren.

Greenhouse horticulture is actively working on reducing the use of fossil fuels and CO₂ emission. At present greenhouse horticulture uses CO₂ as a fertiliser for crops and this CO₂ is mainly obtained from the smoke gasses of gas-fired CHP units and heating boilers used in this sector. A limited amount of the CO₂ required is purchased externally. In the future, without CO₂ emission or natural gas consumption, the sector will lose its internal supply of CO₂ and a larger external CO₂ supply will be needed. The projected external CO₂ requirement in 2030 varies from 1.8 Mton in the pessimistic scenario to 3.0 Mton in the optimistic scenario. In the optimistic scenario there is more economic growth, a larger greenhouse acreage and a higher CO₂ dosage per m² greenhouse. The opposite is the case in the pessimistic scenario. To achieve a reduction in CO₂ a tariff structure is required for CO₂ supply that is based less on fixed costs and more on variable costs.

Trefwoorden: CO₂-emissie, CO₂-dosering, CO₂-behoefte, glastuinbouw, energievoorziening, toekomstscenario's, inkoop en CO₂, tariefstructuur

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/479979> of op www.wur.nl/economic-research (onder Wageningen Economic Research publicaties).

© 2019 Wageningen Economic Research
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E communications.ssg@wur.nl,
www.wur.nl/economic-research. Wageningen Economic Research is onderdeel van Wageningen University & Research.



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Economic Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2019
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

Wageningen Economic Research is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

Wageningen Economic Research Rapport 2019-074 | Projectcode 2282200426

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	6
	S.1 Belangrijkste uitkomsten	6
	S.2 Overige uitkomsten	6
	S.3 Achtergronden en aanpak	7
	Summary	8
	S.1 Main results	8
	S.2 Other results	8
	S.3 Background and approach	9
1	Inleiding	10
	1.1 Aanleiding, probleemstelling, doel en afbakening	10
	1.2 Aanpak	12
	1.3 Leeswijzer	13
2	Conceptueel raamwerk en rekenmodel	14
3	Analyse klantgegevens CO₂-leveranciers	16
	3.1 Inleiding	16
	3.2 Resultaat analyse	17
	3.3 Afname patroon	19
4	CO₂-behoefte 2017	21
	4.1 Inleiding	21
	4.2 Kwantitatieve invulling raamwerk 2017	21
	4.2.1 Areaal 2017	21
	4.2.2 CO ₂ -behoefte per m ² per gewas 2017	21
	4.3 CO ₂ -behoefte sectorniveau 2017	23
5	Prognoses CO₂-behoefte 2030	24
	5.1 Inleiding	24
	5.2 Scenario's 2030	24
	5.3 Kwantitatieve invulling raamwerk 2030	25
	5.3.1 Areaal 2030	25
	5.3.2 Achtergronden bedrijfseffecten	25
	5.3.3 CO ₂ -behoefte per m ² kas 2030	29
	5.4 CO ₂ -behoefte sectorniveau 2030	32
	5.5 Globale CO ₂ -behoefte per regio 2030	32
6	Reflectie op prognoses	35
7	Conclusie en aanbevelingen	37
	Literatuur en websites	38
	Bijlage 1 Indeling en areaal gewasgroepen in 2017	39
	Bijlage 2 Geraadpleegde bedrijven en organisaties met ervaringsdeskundigen	40
	Bijlage 3 Beschikbare data per bedrijf klantanalyse	41
	Bijlage 4 Keuze regio's	42

Woord vooraf

Tussen de Nederlandse glastuinbouw en de Nederlandse overheid is in de Meerjarenaafsprak Energie een doel overeengekomen voor de CO₂-emissie in 2020 en is de ambitie opgenomen van een glastuinbouw zonder CO₂-emissie in 2050. Glastuinbouw Nederland heeft de ambitie om al in 2040 geen CO₂ meer uit te stoten. In het Programma Kas als Energiebron (KaE) werken de glastuinbouw en de overheid samen om doel en ambitie te realiseren. De verwachting is dat een nationaal Klimaatakkoord hier aanvullingen op zal brengen.

Bij vervanging van fossiele energiebronnen door bronnen zonder CO₂-emissie valt de bron voor de eigen CO₂-voorziening voor de glastuinbouw geheel of gedeeltelijk weg. Daardoor is externe CO₂-voorziening een essentieel en samenhangend onderdeel van de transitie naar een glastuinbouw zonder CO₂-emissie. Het programma Kas als Energiebron heeft Wageningen Economic Research gevraagd een prognose te maken van de CO₂-behoefte van de glastuinbouw redenerend vanuit de behoefte vanuit de gewassen en rekening houdend met de extra kosten voor externe CO₂.

Bij de beantwoording van de vraag is voortgebouwd op de eerder ontwikkelde scenario's voor de prognoses van de CO₂-emissie in 2030. Deze scenario's hangen samen met de economische groei. Ook is voor het onderzoek gebruikgemaakt van klantgegevens van leveranciers waarvan de afgelopen jaren al externe CO₂ door de glastuinbouw werd afgenomen en is informatie verkregen van ervaringsdeskundigen.

De geprognostiseerde CO₂-behoefte van de glastuinbouw in 2030 loopt in drie scenario's uiteen van 1,8 tot 3,0 Mton. Dit is 67 tot 91% van de geprognostiseerde CO₂-emissie in 2030 op basis van overeenkomstige scenario's.

Het onderzoek is uitgevoerd door Nico van der Velden en Pepijn Smit. De begeleidingscommissie bestond uit Jolanda Mourits (Programmameider van KaE, ministerie van LNV) en Dennis Medema (Innovatiespecialist van KaE, Glastuinbouw Nederland). Daarnaast was de inbreng van de CO₂-leveranciers en van ervaringsdeskundigen belangrijk.



Prof.dr.ir. J.G.A.J. (Jack) van der Vorst
Algemeen Directeur Social Sciences Group (SSG)
Wageningen University & Research

Samenvatting

S.1 Belangrijkste uitkomsten

De geprognostiseerde CO₂-behoefte van de glastuinbouw in de situatie zonder aardgas loopt in drie scenario's voor 2030 uiteen van 1,8 tot 3,0 Mton. Dit is 67 tot 91% van de geprognostiseerde CO₂-emissie voor 2030 op basis van overeenkomstige scenario's.

Voor deze prognoses is uitgegaan van drie toekomstscenario's voor economische ontwikkelingen. De CO₂-emissie voor 2030 bedraagt in het optimistische scenario 3,0 Mton, in het gematigde scenario 2,5 Mton en in het pessimistische scenario 2,7 Mton. De gemiddelde CO₂-behoefte per m² kas bedraagt in het optimistische scenario 34 kg, in het gematigde scenario 30 kg en in het pessimistische scenario 26 kg.

In het optimistisch scenario blijft het areaal gelijk en is er meer toekomstvertrouwen, nieuwbouw, intensivering ofwel de sector heeft economisch de wind in de rug. In het pessimistische scenario is het tegengestelde het geval en ondervindt de sector tegenwind.

Zowel de absolute CO₂-behoefte als de CO₂-behoefte per m² is in het optimistische scenario het hoogst. Bij de absolute behoefte komt dat vooral door het grotere areaal glastuinbouw in het optimistische scenario. Bij de CO₂-behoefte per m² komt dat doordat in het optimistische scenario de intensivering van de CO₂-behoefte groter is dan de besparing en de extensivering. In het pessimistische scenario is het tegengestelde het geval.

Tabel S.1 Schatting CO₂-behoefte in 2017 en prognose CO₂-behoefte per scenario 2030 van de glastuinbouw op sectorniveau en per subsector bij volledige externe voorziening (Mton)

Subsector	2017	Scenario 2030		
		pessimistisch	gematigd	optimistisch
Groente en fruit	1,6	1,2	1,5	1,8
Bloemen	0,5	0,4	0,6	0,8
Planten	0,3	0,2	0,3	0,4
Uitgangsmateriaal	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal	2,6	1,8	2,5	3,0

De prognose van de CO₂-behoefte in 2030 is gemaakt voor de veronderstelde situatie waarin geen CO₂ uit de verbranding van aardgas beschikbaar komt maar extern wordt ingekocht. De schatting voor 2017 met dezelfde veronderstelling bedraagt op sectorniveau 2,6 Mton en gemiddeld 28 kg per m². Het verschil tussen 2017 en 2030 komt vooral door de mutaties in areaal per gewas en aandeel belichting ofwel het structureffect en in mindere mate door verandering van de CO₂-behoefte per m² kas.

S.2 Overige uitkomsten

Voor meer inzicht in de mogelijke besparing op de CO₂-behoefte is kennisontwikkeling over de relatie tussen CO₂-dosering, de productie en de opbrengstprijzen nodig. Bij de CO₂-behoefte gaat het om zowel de hoeveelheid CO₂ (kg/m².jaar) als de capaciteit (kg/ha.uur). Bovendien zijn de kosten en de tariefstructuur voor de externe CO₂ en opbrengstprijzen van de tuinbouwproducten van belang. Voor het realiseren van CO₂-besparing is een tariefstructuur die minder leunt op vaste kosten en meer op variabele c.q. marginale kosten van belang.

De CO₂-behoefte bevindt zich vooral in en om de Randstad. Daar is immers de meeste glastuinbouw gevestigd. Ook is de CO₂-behoefte hier het meest geconcentreerd. In deze regio bevindt zich ook relatief meer industrie en afvalverwerking die CO₂ als restproduct kunnen aanbieden. In de andere regio's zit minder CO₂-behoefte en is de behoefte minder geconcentreerd. In deze regio's zijn er meer mogelijkheden voor CO₂-voorziening vanuit organisch materiaal zoals hout, mest, gewassen en gewasresten. Bij de CO₂-voorziening is ook inzicht van belang in het afnamepatroon gedurende het jaar en per etmaal, de benodigde capaciteit (kg/ha.uur) en de leveringszekerheid.

S.3 Achtergronden en aanpak

Reductie van de CO₂-emissie in de glastuinbouw (IPCC-methode) kan via twee hoofdlijnen: energiebesparing (vraagreductie) en energievoorziening zonder CO₂-emissie (duurzame energie, inkoop warmte en inkoop elektriciteit). Naast de uitstoot van CO₂ gebruikt de glastuinbouw ook CO₂. CO₂-doseren als meststof is essentieel voor de groei en optimale productie van de gewassen.

Het CO₂-gebruik door de glastuinbouw is in de huidige situatie vooral afkomstig uit de rookgassen van de aardgasgestookte wkk's en verwarmingsketels in de glastuinbouw. Ook wordt CO₂ van partijen buiten de sector ingekocht. Bij vervanging van fossiele energiebronnen door bronnen zonder CO₂-emissie in de glastuinbouw valt de bron voor de eigen CO₂-voorziening geheel of gedeeltelijke weg. Daardoor is externe CO₂-voorziening een essentieel en samenhangend onderdeel van de transitie naar een glastuinbouw zonder CO₂-emissie.

Op verzoek van Programma Kas als Energiebron heeft Wageningen Economic Research een prognose gemaakt van de CO₂-behoefte van de glastuinbouw in 2030. Hierbij is voortgebouwd op de eerder ontwikkelde scenario's voor de prognose van de CO₂-emissie in 2030. De scenario's hangen samen met de economische groei. Hiernaast is voor de CO₂-behoefte geredeneerd vanuit de behoefte vanuit de gewassen, is ervan uitgegaan dat er geen aardgas meer wordt gebruikt en is rekening gehouden met kosten voor externe CO₂-voorziening.

Voor het onderzoek zijn klantgegevens van CO₂-leveranciers aan de glastuinbouw geanalyseerd en is informatie verkregen uit literatuur, ander onderzoek en door gesprekken met ervaringsdeskundigen.

Summary

S.1 Main results

The projected CO₂ requirement of greenhouse horticulture in the situation without natural gas in the three scenarios for 2030 varies from 1.8 to 3.0 Mton. This is 67 to 91% of the projected CO₂ emission for 2030 based on corresponding scenarios.

These prognoses were based on three future scenarios for economic development. The CO₂ emission for 2030 is 3.0 Mton in the optimistic scenario, 2.5 Mton in the moderate scenario and 2.7 Mton in the pessimistic scenario. The average CO₂ requirement per m² greenhouse is 34 kg in the optimistic scenario, 30 kg in the moderate scenario and 26 kg in the pessimistic scenario.

In the optimistic scenario the acreage remains the same and there is more confidence in the future, new construction, intensification or the sector is doing well economically. In the pessimistic scenario the opposite is the case and the sector is experiencing economic difficulties.

Both absolute CO₂ requirement and CO₂ requirement per m² are the highest in the optimistic scenario. In the case of absolute requirement this is mainly due to the larger acreage of greenhouse horticulture in the optimistic scenario. For the CO₂ requirement per m² it is due to the fact that in the optimistic scenario the intensification of CO₂ requirement is greater than the saving and the extensification. The opposite is the case in the pessimistic scenario.

Table S.1 Estimated CO₂ requirement in 2017 and projected CO₂ requirement per scenario 2030 of greenhouse horticulture at sector level and per subsector with complete external supply (Mton)

Subsector	2017	Scenario 2030		
		pessimistic	moderate	optimistic
Vegetables and fruit	1.6	1.2	1.5	1.8
Flowers	0.5	0.4	0.6	0.8
Plants	0.3	0.2	0.3	0.4
Basic material	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	2.6	1.8	2.5	3.0

The projected CO₂ requirement in 2030 was based on the assumed situation where no CO₂ is available from natural gas combustion, but that CO₂ is purchased externally. Based on the same assumption, the estimate for 2017 at sector level is 2.6 Mton with an average of 28 kg per m². The difference between 2017 and 2030 is mainly due to the changes in acreage per crop and the lightning share (the structure effect) and to a lesser extent due to a change in CO₂ requirement per m² greenhouse.

S.2 Other results

For greater insight into the potential reduction in CO₂ required, more information is needed on the relationship between CO₂ dosage, production and selling prices. Both amount of CO₂ (kg/m².year) and capacity (kg/ha.hour) are important factors for CO₂ requirement. Other important factors are the costs and tariff structure for external CO₂ and the selling prices of horticultural products. To achieve savings in CO₂ requirement a tariff structure is required that is based less on fixed costs and more on variable or marginal costs.

The CO₂ requirement is mainly in and around the Randstad and the most greenhouse horticulture is also located here. The CO₂ requirement is also the most concentrated here. In addition, in this region there is relatively more industry and waste processing that can supply CO₂ as a residual product. In the other regions the CO₂ requirement is less and the requirement is less concentrated. In these regions there are more possibilities to obtain CO₂ from organic material such as wood, manure, crops and crop residues. Other important factors for CO₂ supply are consumption pattern during the year and per 24-hour period, capacity required (kg/ha.hour) and security of supply.

S.3 Background and approach

There are two main approaches to reduce CO₂ emission in greenhouse horticulture (IPCC method): energy saving (demand reduction) and energy supply without CO₂ emission (sustainable energy and purchasing of heat and electricity). In addition to emitting CO₂, greenhouse horticulture also uses CO₂; CO₂ dosage as a fertiliser is vital for the growth and optimum production of crops.

At present the CO₂ used in greenhouse horticulture is mainly obtained from the smoke gasses from gas-fired CHP units and heating boilers used in this sector. CO₂ is also purchased from parties outside the sector. By replacing fossil energy sources by sources without CO₂ emission in greenhouse horticulture, the sector's internal source of CO₂ supply is completely or partially lost. This means that an external CO₂ supply is a vital and integral part of the transition to greenhouse horticulture without CO₂ emission.

At the request of the Greenhouse as Energy Source Programme, Wageningen Economic Research has prognosticated the CO₂ requirement of greenhouse horticulture in 2030. This prognosis was built on previously developed scenarios to project prognosis CO₂ emission in 2030. The scenarios are linked to economic growth. CO₂ requirement is projected based on requirement by the crops, assuming that natural gas is no longer used and taking into account the costs for external CO₂ supply.

For the study customer data of CO₂ suppliers to greenhouse horticulture were analysed and information was obtained from the literature, other research and by talking to experience experts.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding, probleemstelling, doel en afbakening

Glastuinbouw en CO₂-dosering

Door het gebruik van fossiele brandstof stoot de glastuinbouw CO₂ uit. Hiernaast gebruikt de sector ook CO₂ als meststof voor de gewassen. Voor het overgrote deel van de gewassen in de kassen is CO₂-dosering als meststof voor het gewas essentieel voor een optimale productie. Gewassen nemen CO₂ op uit de lucht, als bouwsteen bij de fotosynthese. De gewenste CO₂-concentratie in de kaslucht is hoger dan de concentratie in de buitenlucht. Om een hogere concentratie in de kassen te realiseren wordt CO₂ gedoseerd. In de actuele situatie wordt er hoofdzakelijk gebruikgemaakt van CO₂ uit de rookgassen van de aardgasgestookte wkk's en ketels. Hiernaast wordt er CO₂ van derden extern ingekocht. De laatste jaren bedroeg de inkoop op sectorniveau ruim 0,5 Mton (Van der Velden en Smit, 2018).

Reductie CO₂-emissie glastuinbouw en Programma Kas als Energiebron

Ter vermindering van het klimaatteffect en om minder afhankelijk te worden van de grillen van de fossiele energiemarkt is de glastuinbouw actief met de reductie van de CO₂-emissie. Hierover hebben de glastuinbouw en rijksoverheid in 2014 de Meerjarenafspraken Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020 gemaakt. In deze Meerjarenafspraken staat de totale CO₂-emissie centraal. Het doel voor 2020 is een maximale totale CO₂-emissie van 4,6 Mton (Brief, 2017).

In de Meerjarenafspraken is ook de ambitie beschreven dat de glastuinbouw in 2050 een volledig duurzame en economisch rendabele energievoorziening wil hebben. Deze ambitie betekent dat de glastuinbouw in 2050 geen CO₂ meer uitstoot. Om het CO₂-doel 2020 en de ambitie 2050 te bereiken, werken glastuinbouw en rijksoverheid samen in het programma Kas als Energiebron (KaE). De glastuinbouw heeft hiernaast zelf de ambitie uitgesproken om al in 2040 geen CO₂ meer uit te stoten.

Marktwensen

Naast de Meerjarenafspraken vragen partijen in de afzetmarkt van tuinbouwproducten en maatschappelijke organisaties inzicht in de milieubelasting van de productie, waar onder de CO₂-emissie. Ook hiervoor is het van belang om de CO₂-emissie te reduceren.

Klimaatakkoord en Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030

In Nederland is een Klimaatakkoord in voorbereiding met daarin een CO₂-emissie doel voor de glastuinbouw voor 2030. Op verzoek van KaE zijn door Wageningen Economic Research prognoses gemaakt van de CO₂-emissie van de glastuinbouw in 2030 (Van der Velden et al., 2018). Hiervoor zijn drie economische scenario's ontwikkeld en zijn beleidsmatige aspecten die van belang zijn voor realisatie van de prognoses geïdentificeerd. Wat betreft de beleidsmatige aspecten is naar voren gekomen dat de CO₂-voorziening de achilleshiel is voor reductie van de CO₂-emissie.

Reductie CO₂-emissie en CO₂-voorziening

Voor reductie van de CO₂-emissie van de glastuinbouw zijn er twee hoofdlijnen: energiebesparing (vraagreductie) en het gebruik van energievoorzieningsopties zonder CO₂-emissie. Dit laatste betreft duurzame energie en inkoop warmte en elektriciteit door de glastuinbouw. Deze voorzieningsopties zonder CO₂-emissie brengen echter geen CO₂-voorziening voor de gewassen met zich mee. Externe CO₂-voorziening is dan noodzakelijk. Daarnaast brengt externe CO₂ ook energiebesparing met zich mee. Dit betreft het voorkomen van aardgasverbruik voor de CO₂-voorziening in perioden zonder warmtevraag. Dit wordt ook wel vermeden zomerstook genoemd.

Externe CO₂

De inkoop van externe CO₂ door de glastuinbouw bedraagt de laatste jaren ruim 0,5 Mton. OCAP B.V. (Organic Carbondioxide for Assimilation of Plants) is met een aandeel van circa 80% de belangrijkste

leverancier van CO₂. Vanaf 2005 levert OCAP via een leidingnet – eventueel via een andere leverancier - CO₂ aan glastuinbouw in de Zuid-Hollandse gemeenten Westland, Midden Delfland, Lansingerland, Pijnacker-Nootdorp en Zuidplas. De levering van OCAP-CO₂ in Lansingerland wordt gezamenlijk met de restwarmtelevering uitgevoerd door Eneco/AgroEnergy. Ook andere partijen leveren externe CO₂ aan de glastuinbouw. Warmco levert CO₂ van Yara via een leidingnet samen met restwarmte in Terneuzen. Ook wordt er vloeibare CO₂ per as geleverd door onder andere Linde, ACP, Air Liquide, Westfalen en Yara.

CO₂-bronnen

Externe CO₂ kan in de toekomst afkomstig zijn van meerdere bronnen. Voor nu zijn dat elektriciteitscentrales, vergistingsprocessen en de procesindustrie. Voor de toekomst is dat wellicht ook mogelijk door verbranding van afval en biomassa, centrale CO₂-afvang in combinatie met opslag onder de grond (Carbon Capture and Storage - CCS) en winning uit de buitenlucht. Om het broeikas effect te beperken is het van belang dat de externe CO₂ van biogene oorsprong is en niet van fossiele oorsprong.

Voor levering van externe CO₂ aan de glastuinbouw is transport en distributie nodig. Dit kan via de weg, het water en leidingnetten. Infrastructuur is nodig om de CO₂ van de bron ook daadwerkelijk bij de glastuinbouw te krijgen.

De huidige CO₂-voorziening is vooral afkomstig uit de rookgassen van aardgasgestookte wkk en ketels die glastuinbouwbedrijven van energie voorzien. Als bijproduct brengt de CO₂-voorziening weinig kosten met zich mee. Bij externe CO₂-voorziening dient de benodigde CO₂ geschikt te worden gemaakt en te worden getransporteerd, gecontracteerd en gefactureerd. Dit brengt substantiële kosten met zich mee.

Doel

Voor de ontwikkeling van de toekomstige CO₂-voorziening van de glastuinbouw is kwantitatief inzicht nodig in de toekomstige CO₂-behoefte van de glastuinbouw, zowel op nationaal, regionaal en bedrijfstypeniveau. Hierbij is het van belang dat wordt geredeneerd vanuit de CO₂-behoefte van de gewassen en dat rekening wordt gehouden met de extra kosten die inkoop van externe CO₂ met zich meebrengt.

Resultaat

Het project is gericht op het maken van een kwantitatieve prognose van de CO₂-behoefte van de glastuinbouw in 2030 op sectorniveau en voor een aantal deelgebieden van Nederland. Met het resultaat kan gericht worden gewerkt aan de mogelijke voorziening van de CO₂-behoefte.

Afbakening

- De kwantitatieve prognose is gemaakt voor 2030 en niet voor de jaren of het traject tussen het heden en 2030.
- De wijze waarop in de behoefte extern kan worden voorzien en het verloop van deze behoefte gedurende het jaar vallen buiten dit onderzoek. Het gaat om de kwantificering van de CO₂-behoefte op jaarbasis.
- Onder de sector glastuinbouw wordt verstaan het glastuinbouwareaal in Nederland volgens de Landbouwtelling (LBT) gepubliceerd door het CBS.
- Naast de CO₂-behoefte kan ook inzicht gewenst zijn in de mate waarin met de externe CO₂ vervanging van fossiel brandstofverbruik en energiebesparing (vermeden zomerstook) wordt gerealiseerd; dit valt buiten dit onderzoek.
- In dit onderzoek wordt gerekend met een gemiddelde CO₂-behoefte per m² per gewas(groep) in de huidige en toekomstige situatie. Rond de gemiddelden per gewas(groep) bestaat spreiding. De gemiddelden zijn gebruikt en geschikt voor de berekeningen in dit onderzoek maar niet bedoeld voor normeringen.

1.2 Aanpak

Het onderzoek naar de toekomstige CO₂-behoefte van de glastuinbouw bouwt voort op het project Prognoses CO₂-emissie van de glastuinbouw 2030 en op de drie scenario's die voor dit project werden ontwikkeld (Van de Velden et al., 2018).

De aanpak van het onderzoek naar de CO₂-behoefte van de glastuinbouw kent de volgende onderdelen:

- a. doorontwikkeling conceptueel raamwerk en rekenmodel
- b. analyse klantgegevens van CO₂-leveranciers
- c. kwantitatieve invulling raamwerk voor 2017 en voor de scenario's voor 2030
- d. kwantificering huidige (2017) en toekomstige (2030) CO₂-behoefte, nationaal en per regio.

Deze onderdelen zijn hierna toegelicht.

a. Doorontwikkeling conceptueel raamwerk en rekenmodel

In dit onderdeel is het conceptueel raamwerk voor de kwantificering van de CO₂-behoefte op sectorniveau ontwikkeld. Hierbij is voortgebouwd op het conceptueel raamwerk van de Prognoses van de CO₂-emissie 2030. Voor de Prognose van de CO₂-behoefte is ook uitgegaan van de drie scenario's die samenhangen met verschillen in economisch groei. Vervolgens is op basis van het raamwerk een rekenmodel gemaakt.

Bij de kwantificering van de CO₂-behoefte wordt geredeneerd vanuit de gewassen. De CO₂-behoefte verschilt tussen de gewas(groepen). Dit geldt ook voor het niet en wel toepassen van belichting. Daarom is in het raamwerk onderscheid gemaakt naar gewas(groepen) en wel of geen toepassing van belichting. In bijlage 1 zijn de gehanteerde gewas(groepen) en het areaal per gewas(groep) in 2017 vermeld.

b. Analyse klantgegevens

Het conceptueel raamwerk dient kwantitatief te worden ingevuld ofwel er dienen uitgangspunten te worden gekozen. Empirische informatie over de CO₂-behoefte per gewas is vrijwel niet beschikbaar. Hierbij is relevant dat het regelen van de CO₂-dosering in de kas plaatsvindt op basis van de concentratie in de kaslucht (ppm) en doseercapaciteit (kg/uur). Er wordt daardoor dus gedacht en gemeten in concentraties en doseervermogen terwijl voor de kwantificering van de CO₂-behoefte het volume (kg/m².jaar) relevant is. Kwantitatieve informatie over het volume die wel beschikbaar is, is circa 25 jaar geleden gemeten. Daarnaast wordt in de actuele situatie aan een deel van de glastuinbouwbedrijven externe CO₂ geleverd. Om meer kwantitatief inzicht te krijgen in de actuele CO₂-behoefte per gewas zijn klantgegevens van CO₂-leveranciers geanalyseerd.

c. Kwantitatieve invulling raamwerk voor 2017 en voor de scenario's voor 2030

In dit onderdeel is het conceptueel raamwerk c.q. het rekenmodel kwantitatief ingevuld. Dit heeft plaatsgevonden voor een veronderstelde situatie zonder aardgas in 2017 en de toekomstige situatie zonder aardgas in 2030. Ook hier is onderscheid gemaakt naar het areaal per gewas(groep) en naar de CO₂-behoefte per gewas(groep), beide zonder en met belichting.

Bij de kwantitatieve invulling voor het areaal in 2017 is gebruikgemaakt van de Landbouwtelling (LBT) en voor 2030 van de ontwikkelde scenario's voor Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030. Voor de kwantitatieve invulling van de CO₂-behoefte per m² per gewas(groep) in 2017 en 2030 is uitgegaan van een veronderstelde situatie waarin de glastuinbouw alleen externe CO₂ ter beschikking heeft en er dus geen aardgas wordt verstoekt. In 2017 is dat nog niet de praktijk. De veronderstelde situatie is ingevuld door voor de kwantitatieve invulling van de CO₂-behoefte per m² kas per gewas(groep) voort te bouwen op de resultaten van de analyse van de klantgegevens. Ook is gezocht naar (deel)informatie over mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Hiervoor is literatuur gebruikt en zijn vooral ervaringsdeskundigen geraadpleegd. Deze personen hebben door hun werkzaamheden zicht op ontwikkelingen van deelaspecten die van belang zijn voor de invulling van de CO₂-behoefte per m². Het zijn vertegenwoordigers van toeleveranciers, onderzoeksinstituten en adviesorganisatie. Ook

vertegenwoordigers van KaE en glastuinbouwondernemers zijn geraadpleegd. In bijlage 2 is een lijst opgenomen met geraadpleegde organisaties met ervaringsdeskundigen.

d. Kwantificering huidige (2017) en toekomstige (2030) CO₂-behoefte nationaal en per deelgebied Na invulling van het raamwerk c.q. het rekenmodel is de huidige en toekomstige CO₂-behoefte op sectorniveau berekend. Dit is gedaan voor de glastuinbouw in geheel Nederland en voor 2030 ook globaal voor regio's binnen Nederland. De keuze van de regio's is uiteengezet in bijlage 4.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het conceptueel raamwerk en het rekenmodel uiteengezet. Hierin is onderscheid gemaakt naar sectorstructuur (areaal) en CO₂-behoefte per m² kas. In hoofdstuk 3 is de analyse van de klantgegevens van de CO₂-leveranciers behandeld. In hoofdstuk 4 is de huidige sectorstructuur en de CO₂-behoefte per m² per gewas in 2017 behandeld en zijn de berekeningen van de huidige CO₂-behoefte op sectorniveau voor geheel Nederland gepresenteerd. In hoofdstuk 5 is dit gedaan voor de toekomstige situatie in 2030 op sectorniveau voor geheel Nederland en per regio. Tot slot komt in hoofdstuk 6 de reflectie op de prognose aan bod en zijn in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen verwoord.

2 Conceptueel raamwerk en rekenmodel

CO₂-behoefte sectorniveau

De CO₂-behoefte van de glastuinbouw (Mton) zowel in het heden als in de toekomst wordt bepaald door twee elementen namelijk areaal (ha) en de CO₂-behoefte per eenheid oppervlakte (kg/m².jaar). In dit hoofdstuk is het conceptueel raamwerk c.q. rekenmodel voor het bepalen van de huidige en toekomstige CO₂-behoefte van de glastuinbouw uiteengezet. Hierbij is voortgebouwd op het conceptueel raamwerk dat is ontwikkeld voor de Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030 (Van der Velden et al., 2018).

Areaal

In het raamwerk (figuur 2.1) wordt uitgegaan van de actuele sectorstructuur (2017) en de sectorstructuur in de toekomst (2030). Voor dit project omvat de sectorstructuur het areaal (ha) per gewas(groep) opgesplitst naar wel en geen belichting.

Het areaal per gewasgroep in 2017 is beschikbaar vanuit de LBT. Op de ontwikkeling van deze arealen in de toekomst zijn vele factoren van invloed. Een aantal belangrijke factoren zijn: economische groei, marktvraag, internationale concurrentie, productiekosten, productieomstandigheden, intensivering, extensivering, enzovoort. Een deel van deze factoren hebben directe invloed op het areaal en een deel heeft indirecte invloed. Het toekomstig areaal per gewas(groep) is bepaald voor de Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030. Hierbij zijn de factoren die van invloed zijn op de toekomstige ontwikkeling in beschouwing genomen.

CO₂-behoefte per m²

Ook voor de CO₂-behoefte per m² wordt uitgegaan van de actuele (2017) en toekomstige situatie (2030). Voor beide wordt ervan uitgegaan dat de CO₂-voorziening extern plaats zal vinden ofwel er wordt op de glastuinbouwbedrijven geen aardgas meer gebruikt voor de CO₂-voorziening. De toekomstige ontwikkeling van de CO₂-behoefte per m² kas is afhankelijk van meerdere factoren zoals planning van de teelt, kennis en strategie van de ondernemer, gebruik van belichting, in gebruik zijnde kassen, mate van ventileren, schermen, isolatie, kasklimaatstrategie van de ondernemer en niet op de laatste plaats het effect op de productie per m², de kwaliteit van de productie en de kosten voor de externe CO₂.

Deze ontwikkelingen dienen geplaatst te worden in het raamwerk. Hierbij is voor de ontwikkeling van de toekomstige CO₂-behoefte voorgebouwd op de processen intensivering, extensivering en besparing uit het onderzoek *Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op de CO₂-emissie van de Nederlandse glastuinbouw* (Van der Velden en Smit, 2017). Deze processen maken ook deel uit van het raamwerk dat is ontwikkeld voor de Prognoses CO₂-emissie 2030 (Van der Velden et al., 2018).

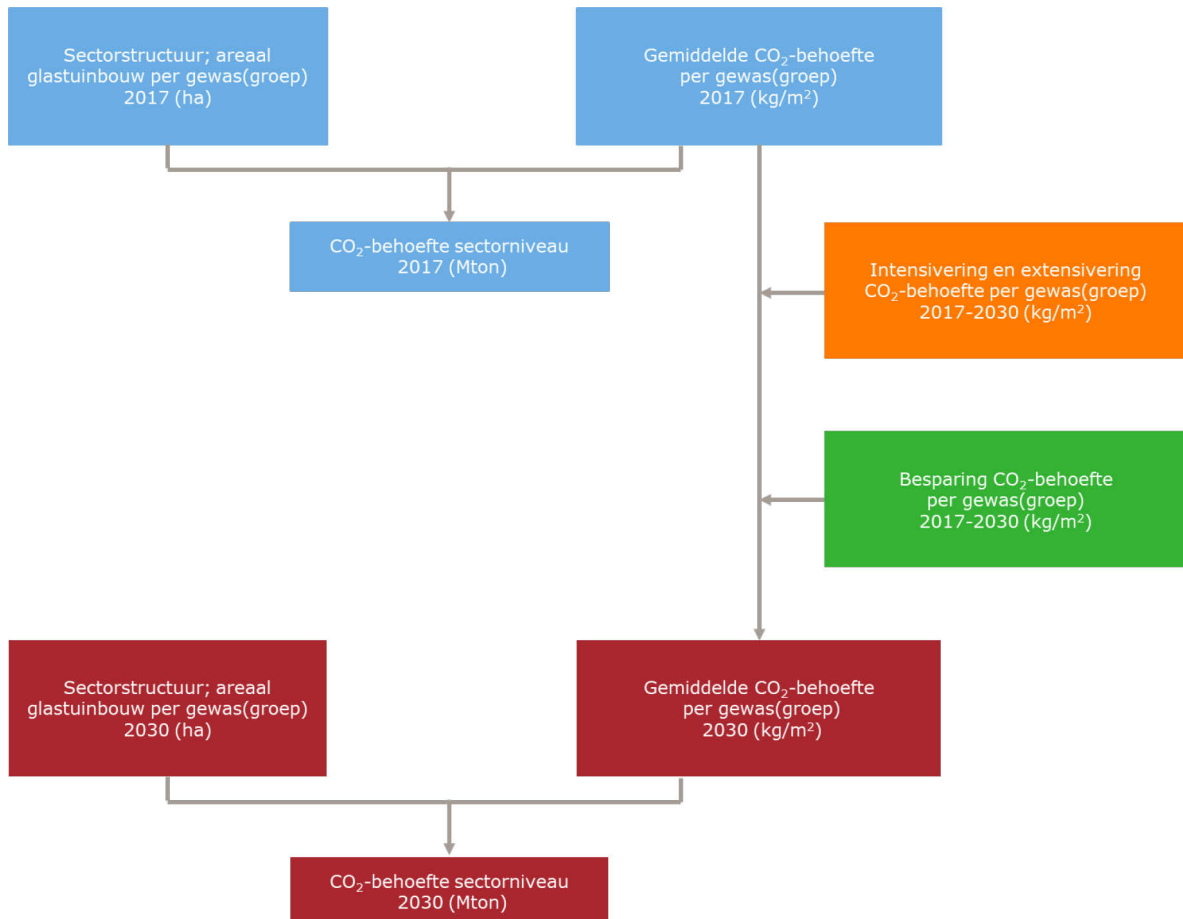
Intensivering en extensivering

Intensivering en extensivering zijn afzetmarkt gedreven processen. De afzetmarkt van glastuinbouwproducten vertoont de trend dat er meer winterproductie en jaarrond aanvoer wordt gevraagd. Hiermee samenhangend zijn er hogere prijzen voor glastuinbouwproducten in de winterperiode. Om de productie te verschuiven naar de winterperiode ontstaat intensivering in de vorm van belichting zowel qua areaal als intensiteit. Intensivering doet de energievraag en de CO₂-behoefte toenemen. Ontwikkelingen tegengesteld aan intensivering is extensivering. Door intensivering neemt de CO₂-behoefte toe en door extensivering neemt de CO₂-behoefte af.

De processen intensivering en extensivering spelen zich af op de bedrijven maar ook op sectorniveau. Op sectorniveau wijzigt de gemiddelde energie- en CO₂-behoefte van de glastuinbouw ook door verandering sectorstructuur c.q. het areaal per gewas. Dit wordt het structureffect genoemd. Door de opsplitsing van het totaal areaal in het areaal per gewas(groep) en in wel en geen belichting maakt het effect van het areaal belichting ook deel uit van het structureffect. Dit geldt niet voor de belichtingsintensiteit en de belichtingsduur binnen de gewas(groepen). Dit zijn bedrijfseffecten.

Besparing

Naast extensivering kan de CO₂-behoefte per gewas(groep) ook verminderen door besparing op bedrijfsniveau. Hierbij kan gedacht worden aan CO₂-besparing in combinatie met Het Nieuwe Telen (HNT). Bij HNT wordt het klimaat anders geregeld waardoor de kassen minder worden geventileerd (Geelen et al., 2015). Hierdoor kan het energieverlies en het CO₂-verlies naar buiten de kas worden beperkt. Dit kan ook door nieuwe (dichtere) kassen. Door onderzoek zal er meer inzicht ontstaan in de vraag in welke uren het voor het gewas niet of juist wel zinvol is om CO₂ te doseren. Door het eerste kan er CO₂-worden bespaard en door het tweede kan de CO₂-behoefte toenemen. Dit laatste is geen besparing maar intensivering.



Figuur 2.1 Schematische weergave conceptueel raamwerk

CO₂-behoefte sectorniveau

Op basis van de actuele CO₂-behoefte per m² (2017) en de processen intensivering, extensivering en besparing ontstaat de CO₂-behoefte per m² in 2030. De actuele en toekomstige CO₂-behoefte op sectorniveau (Mton) is geaggregeerd met formule (1). Deze formule omvat het areaal per gewas(groep) en de CO₂-behoefte per m² per gewas(groep) en is gebruikt voor zowel de berekeningen op nationaal en op regionaal niveau.

Formule (1):

$$CO_2 - \text{behoefte sectorniveau jaar } x = \sum_{bt=1}^n (CO_2 - \text{behoefte per m}^2 \text{ jaar } x_{bt} \times \text{Areaal jaar } x_{bt}) / 10^5$$

Waarin:

CO₂-behoefte sectorniveau (Mton)

CO₂-behoefte per m² (kg/m².jaar)

Areaal (ha)

bt = bedrijfstype

bedrijfstype = gewas(groep) zonder en met belichting

3 Analyse klantgegevens CO₂-leveranciers

3.1 Inleiding

Databronnen

Dit hoofdstuk gaat over de analyse van geanonimiseerde klantgegevens van CO₂-leveranciers aan glastuinbouwbedrijven over 2017. De leveranciers OCAP, Eneco/Agro Energy en WARMCO hebben hiervoor data beschikbaar gesteld. Door OCAP wordt CO₂ geleverd aan eigen klanten en Eneco/ Agro Energy verkoopt OCAP CO₂ in combinatie met restwarmte aan glastuinbouwbedrijven in de gemeente Lansingerland (ROCA project). Door WARMCO wordt restwarmte en CO₂ geleverd aan glastuinbouwbedrijven in Terneuzen.

Naast de verkoop van CO₂ is ook andere informatie per klant beschikbaar gesteld. Dit betreft onder andere het gewas, het gebruik van restwarmte, het gebruik van wkk, het gebruik van een rookgasreiniger in combinatie met de wkk en de contractcapaciteit van de CO₂-levering. Een overzicht van de beschikbare data per bedrijf is opgenomen in bijlage 3.

Duurzame warmte

Een deel van de bedrijven in de datasets gebruikt ook duurzame warmte. Wageningen Economic Research heeft vanuit de Energiemonitor Glastuinbouw de beschikking over informatie van de projecten met duurzame warmte in de glastuinbouw. Deze data zijn gekoppeld aan de klantgegevens waardoor per bedrijf naast de inkoop van CO₂ en restwarmte ook het gebruik van duurzame warmte beschikbaar is. Duurzame warmte omvat aardwarmte, herwonnen zonnewarmte, inkoop duurzame warmte en warmte geproduceerd met biobrandstoffen en met inkoop duurzaam gas. Zowel restwarmte als duurzame warmte brengt voor de glastuinbouw geen CO₂-emissie met zich mee (IPCC-methode). Het totaal van restwarmte en duurzame warmte per bedrijf wordt in dit onderzoek alternatieve warmte genoemd.

Analyse

De beschikbare data van de bedrijven met CO₂-inkoop zijn in eerste instantie geanalyseerd met multiële regressieanalyse. Deze analyse was gericht op het kwantificeren van de relatie tussen het gebruik van alternatieve warmte (GJ/m²) en de inkoop van CO₂ (kg/m²). Bij de multiple regressieanalyse zijn naast het gebruik van alternatieve warmte ook andere data per bedrijf zoals contractcapaciteit, teelt, gebruik wkk met rookgasreiniger in beschouwing genomen. Uit deze analyse bleek dat ongeveer driekwart van de verschillen in CO₂-inkoop tussen de bedrijven samen te hangen met de contractcapaciteit van de CO₂ levering (kg/uur.ha). Bovendien waren er intercorrelaties tussen contractcapaciteit en de overige variabelen. Hierdoor leidde regressieanalyse statistisch niet tot het verkrijgen van het gewenste kwantitatieve inzicht. De analyse van de klantgegevens is vervolgens uitgevoerd door analyse van groepen bedrijven. Deze groepsanalyse bracht wel kwantitatief inzicht.

Groepsanalyse

In de groepsanalyse is ook gezocht naar de relatie tussen het gebruik van alternatieve warmte (GJ/m²) en de inkoop van CO₂ (kg/m²). Hiervoor zijn de bedrijven met CO₂-inkoop ingedeeld naar gewassen. Vervolgens is per gewas in subgroepen gekeken naar de wijze van energievoorziening zoals het wel of niet gebruik van wkk met rookgasreiniger en van alternatieve warmte. Per gewas en per subgroep is de gemiddelde CO₂-inkoop (kg/m²) en het gemiddelde gebruik van alternatieve warmte bepaald (GJ/m²).

Leveringsonderbrekingen

In 2017 waren er bij de levering van CO₂ onderbrekingen. Bij de analyse is dat in beginsel geen probleem. Er wordt immers gezocht naar de relatie tussen de mate van het gebruik van alternatieve warmte (GJ/m²) en de mate van inkoop van CO₂ (kg/m²). In de perioden met onderbreking van de levering van CO₂ wordt er ook minder alternatieve warmte gebruikt, omdat er dan meer dan normaal

aardgas wordt verstoekt voor de warmte- en CO₂-voorziening. Met de leveringsonderbrekingen is rekening gehouden bij het gebruiken van de resultaten van de klantanalyse voor het invullen van de CO₂-behoefte in hoofdstuk 4.

Combinatie met andere leveranciers

Het kan voorkomen dat er bedrijven zijn die naast CO₂ van de dataverstrekkingen ook CO₂ afnemen (per as) van een andere leverancier. Hierover is geen informatie beschikbaar. Op basis van navraag bij de CO₂-leveranciers wordt verwacht dat dit een beperkt aantal bedrijven betreft. Op deze bedrijven is de hoeveelheid CO₂ die is ingekocht groter. Dit is meegenomen bij de kwantitatieve invulling van de CO₂-behoefte per m².

3.2 Resultaat analyse

Het resultaat van de groepsanalyse is vermeld in tabel 3.1. In deze tabel zijn in de eerste kolom de gewassen vermeld en vervolgens van links naar rechts het resultaat van alle bedrijven per gewas en vervolgens van specifieke groepen bedrijven met specifieke kenmerken vermeld. Het resultaat omvat per groep, het aantal bedrijven, de gemiddelde inkoop van CO₂ (kg/m²) en het gebruik van alternatieve warmte (GJ/m²) per gewas.

Als eerste is het resultaat van alle bedrijven vermeld (489 bedrijven), vervolgens van de bedrijven met een wkk met rookgasreiniger (105 bedrijven), zonder wkk met rookgasreiniger (384 bedrijven), met alternatieve warmte (95 bedrijven), met alternatieve warmte en zonder wkk met rookgasreiniger (77 bedrijven) en tot slot de bedrijven die volledig in de warmtevraag voorzien met alternatieve warmte (6 bedrijven). De verwachting was dat van links naar rechts de inkoop CO₂ (kg/m²) en het gebruik van alternatieve warmte zou toenemen. Dit blijkt bij de meeste gewassen inderdaad het geval te zijn. Bij de meeste gewassen zien we van links naar rechts een oplopende CO₂-inkoop. Bij sommige gewassen is de toename minder duidelijk. Dit komt waarschijnlijk door het lagere aantal waarnemingen per gewas en per subgroep binnen een gewas. Ondanks deze relatief kleine beperkingen geeft dit overzicht kwantitatief inzicht in de CO₂-behoefte per m² in combinatie met het gebruik van alternatieve warmte.

Bij de laatste groep met een volledige alternatieve warmtevoorziening is het gemiddelde per gewas niet vermeld in verband met herkenbaarheid van individuele bedrijven. Dit geldt ook voor overige groepen per gewas(groep) met weinig waarnemingen. De niet-vermelde informatie is echter wel gebruikt bij het bepalen van de CO₂-behoefte per m² in hoofdstuk 4.

CO₂-inkoop per gewas

Bij de afzonderlijke gewassen valt op dat voor roos de meeste CO₂ per m² wordt ingekocht. Gemiddeld ligt dit tussen de 80 en 90 kg/m². Tussen de groepen met en zonder wkk met rookgasreiniger bestaat bij roos weinig verschil, terwijl dit wel werd verwacht omdat de rookgassen uit de wkk kunnen worden gebruikt voor CO₂-dosering. Dit hangt samen met de behoedzaamheid waarmee in roos rookgassen gedoseerd worden. Door gevoeligheid van het gewas roos voor groeiverstoringen door vervuiling van de kaslucht wordt er vaak pas met rookgassen uit de wkk gedoseerd als de ventilatie het risico beperkt. Hierdoor wordt er minder vanuit de wkk gedoseerd en er wordt relatief veel CO₂ ingekocht.

Na de roos wordt voor lysianthus en vruchtgroenten de meeste CO₂ ingekocht. Bij lysianthus ligt de inkoop gemiddeld op ruim 40 kg/m² en bij vruchtgroente bij volledige alternatieve warmtevoorziening ligt dit iets onder de 40 kg/m². Bij de gewassen chrysanthe, gerbera, lelie en alstroemeria ligt de CO₂-inkoop in de groep zonder wkk met rookgasreiniger tussen de 25 en 35 kg/m². De gewassen waar de gemiddelde inkoop het laagst is (< 10 kg/m²), zijn anthurium, orchidee (snijbloem), perkplanten en uitgangsmateriaal. Freesia, potplanten, overige bloemen en overige groenten nemen een tussenpositie in.

Tabel 3.1 Resultaten groepsanalyse klantgegevens 2017 a) b)

gewassen	aantal bedrijven (N), gemiddelde inkoop CO ₂ (kg/m ²) en gemiddelde gebruik van alternatieve warmte (GJ/m ²) (gewogen per bedrijf)																
	alle bedrijven		bedrijven met wkrr			bedrijven zonder wkrr			bedrijven met alt warmte			bedrijven met alt warmte geen wkrr			bedrijven met 100% alt warmte geen wkrr		
	N	kg CO ₂ /m ²	N	kg CO ₂ /m ²	GJ/m ²	N	kg CO ₂ /m ²	GJ/m ²	N	kg CO ₂ /m ²	GJ/m ²	N	kg CO ₂ /m ²	GJ/m ²	N	kg CO ₂ /m ²	GJ/m ²
Groente																	
tomaat	70	22,8	27	22,6	0,26	43	22,9	0,14	15	34,4	0,86	7	37,4	0,86			
paprika	107	18,6	23	15,5	0,06	84	19,4	0,25	26	21,8	0,85	23	23,2	0,9			
komkommer	20	19,3	4	24,2	0,10	16	18,1	0,2	4	16,9	0,88	3	21,2	1,05			
aubergines	9	24	0			9	24	0,15	1			1					
overige groente	6	16,3	1			5	18,6	0	0			0					
Totaal	212		55			157			46			34			6	38,2	1,0
Bloemen																	
roos	39	86,3	21	84,4	0	18	88,6	0	1			0					
chrysant	43	24,9	8	12,7	0	35	27,7	0	1			0					
gerbera	24	33	6	31,2	0,07	18	33,5	0	1			0					
lelie	4	23	1			3	25,3	0	0			0					
alstroemeria	3	32,8	0			3	32,8	0,07	1			1					
Orchidee/cymbidium	35	9,9	2			33	9,9	0,19	11	7,7	0,56	11	7,7	0,56			
anthurium	13	4,2	1			12	4,5	0,33	4	5,3	0,98	4	5,3	0,98			
lisianthus	4	40,2	0			4	40,2	0	0			0					
freesia	8	17,9	1			7	15,6	0,06	3	26,9	0,15	3	26,9	0,15			
ov bloemen	21	13,8	3	10,9	0	18	14,2	0,10	4	11,8	0,46	4	11,8	0,46			
Totaal	194		43			151			26			23					
Planten																	
Potplanten	73	11,9	7	11,5	0,27	66	12	0,19	20	6,9	0,71	17	6,9	0,73			
wv potplant bloei	25	8,8	2			23	8,7	0,42	13	7	0,84	11	6,6	0,87			
wv potplant blad	5	7,2	0			4	9	0,24	2			2					
Perkplanten	1		0			1			0			0					
Totaal	74		7			67			20			17					
Uitgangsmateriaal	9	7,1	0			9	7,1	0,27	3	10,7	0,81	3	10,7	0,81			
Totaal	489		105			384			95			77					

a) In de in grijs gemarkeerde groepen is het aantal bedrijven in verband met de herkenbaarheid te klein om het resultaat te vermelden.

b) wkrr = wkk met rookgasreiniger

Vergelijking met historische meetresultaten

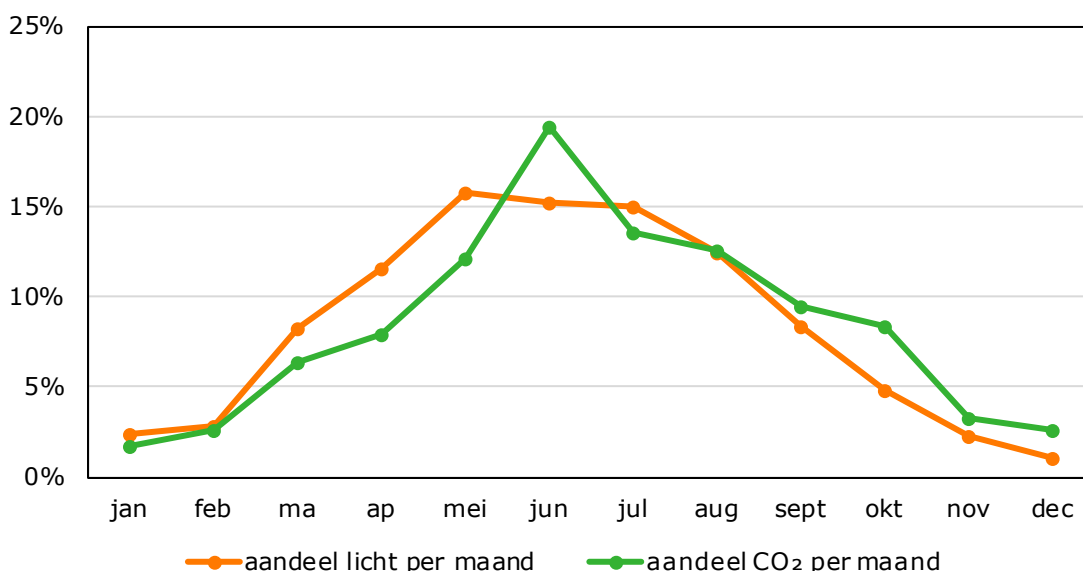
In de jaren 1992 en 1993 is er op praktijkbedrijven met tomaat gemeten aan de CO₂-intensiteit (Van der Sluis et al., 1995). Onder CO₂-intensiteit werd verstaan de mate van CO₂-doseren (kg/m².jaar). De CO₂ was daarbij volledig afkomstig van de aardgasketel. De CO₂-intensiteit bedroeg toen bij tomaat zonder belichting gemiddeld 34 kg/m². Voor de huidige situatie (2017) wordt uitgegaan van een CO₂-behoefte bij tomaat zonder belichting van 45 kg/m² (paragraaf 4.2.2). Dit betekent een toename van 11 kg/m² over een periode van 25 jaar. Deze toename is het saldo van intensivering van de CO₂-behoefte en CO₂-besparing. Deze toename betekent dat over deze periode de intensivering van de CO₂-behoefte duidelijk groter was dan de CO₂-besparing ondanks dat de toenmalige kosten voor de CO₂ uit de aardgasketel substantieel lager waren dan de actuele kosten voor inkoop.

3.3 Afname patroon

Door verschil in mate van CO₂-dosering gedurende het jaar is de inkoop van CO₂ gedurende het jaar niet gelijk. Voor het bepalen van de CO₂-behoefte per m² per gewasgroep in 2017 (paragraaf 4.2.2) vanuit de resultaten van de klantanalyse (paragraaf 3.2) en voor de CO₂-behoefte in 2030 (paragraaf 4.4.3) is inzicht gewenst het afname patroon gedurende het jaar.

In figuur 3.1 is het globale afnamepatroon van OCAP-CO₂ en het aandeel van de lichthoeveelheid per maand in het jaartotaal, beiden in 2017, weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de meeste CO₂ wordt verkocht in de periode mei t/m augustus. In de kwartalen 2 en 3 ligt het aandeel van de verkoop ten opzichte van jaarlijkse verkoop op 39 en 36%. In de kwartalen 1 en 4 is dat 11 en 14%. In het zomerhalfjaar (april tot en met september) bedraagt het aandeel 75% en in het winterhalfjaar 25%.

Het voorgaande hangt samen met de hoeveelheid licht. In uren zonder licht is er vanuit het gewas geen CO₂-behoefte. In de zomerperiode is het langer licht met een hogere intensiteit in vergelijking met in de winterperiode. Hierdoor is er meer CO₂-behoefte en wordt er meer gedoseerd. Daarnaast is het voor de CO₂-doserperiode relevant of er belichting wordt gebruikt en wanneer er geplant en geoogst wordt.



Figuur 3.1 Afnamepatroon OCAP¹ en aandeel van de lichthoeveelheid per maand (globale straling in J/cm²) in 2017 a)

a) In deze figuur is de CO₂-verkoop tijdens leveringsonderbrekingen bijgeschat door interpolatie.

In juni wordt de meeste CO₂ ingekocht. Juni behoort ook tot de maanden met het meeste licht (figuur 3.10). Uit de figuur blijkt ook dat in het eerste halfjaar de lijn van het afnamepatroon onder de lijn met het aandeel van het licht per maand ligt. In het tweede halfjaar is het tegengestelde het geval. Dit hangt waarschijnlijk samen met de lagere luchtvochtigheid van de buitenlucht in het voorjaar en de hogere luchtvochtigheid in het najaar. Hierdoor wordt er in het tweede half jaar meer geventileerd. Wat ook opvalt, is dat in de maand juli maar weinig meer CO₂ wordt verkocht in vergelijking met augustus en beduidend minder dan in juni. Dit hangt zeer waarschijnlijk samen met de hogere buitentemperaturen en de lagere productprijzen in juli. Door de hogere temperaturen zijn de luchtramen meer open waardoor er meer CO₂ nodig is om de CO₂-concentratie op peil te houden. Bovendien zijn de productprijzen in hartje zomer lager. De grotere ventilatie en de lagere prijzen maken het bedrijfseconomisch minder interessant om veel CO₂ in de kassen te brengen.

4 CO₂-behoefte 2017

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de kwantitatieve invulling van de elementen sectorstructuur en CO₂-behoefte per m² in het conceptueel raamwerk voor 2017 uiteengezet. Dit betreft de elementen areaal en CO₂-behoefte per m², beide per gewas(groep). Hieruit ontstaan de resultaten van de CO₂-behoefte op sectorniveau in 2017.

4.2 Kwantitatieve invulling raamwerk 2017

4.2.1 Areaal 2017

De bestaande situatie voor het areaal per gewas(groep) in 2017 is kwantitatief ingevuld vanuit de LBT. Vanuit de LBT is het areaal per gewas(groep) beschikbaar. Vanuit het project Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030 is het aandeel belichting per gewas(groep) in 2015 beschikbaar.¹ Het resultaat hiervan is samengevat per subsector in tabel 4.1. Voor het overzicht van de gewas(groepen) die deel uitmaken van de subsectoren wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 4.1 Areaal glastuinbouw en aandeel belichting per subsector in 2017 a)

Subsector	Areaal (ha)	Aandeel belichting
Groenten 1)	4.585	13
Bloemen	1.815	59
Planten	2.030	35
Uitgangsmateriaal	650	52
Totaal	9.080	30

a) Inclusief een beperkt areaal fruit onder glas.

Bron: Areaal: LBT; Aandeel belichting: Wageningen Economic Research (Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030).

4.2.2 CO₂-behoefte per m² per gewas 2017

Bronnen

Na invulling van het areaal resteert de invulling van de rechterhelft van het conceptueel raamwerk ofwel de gemiddelde CO₂-behoefte per m² per gewas(groep). Hierbij is voortgebouwd op de resultaten van de analyse van de klantgegevens van de CO₂-leveranciers (hoofdstuk 3). Ook waren voor de toetsing het gemiddelde aardgasverbruik per gewas(groep) beschikbaar vanuit de Energiemonitor Glastuinbouw (Van der Velden en Smit, 2018) en is informatie gebruikt van ervaringsdeskundigen.

Kosten externe CO₂-voorziening

Op basis van de informatie uit de hiervoor genoemde bronnen is een schatting gemaakt van de CO₂-behoefte (kg/m².jaar) per gewas(groep) in 2017. Voor deze schatting is uitgegaan van de veronderstelde situatie waarin geen aardgas wordt gebruikt op de glastuinbouwbedrijven en de CO₂-behoefte dus volledig wordt ingevuld met externe CO₂. Hierdoor is een volledige alternatieve CO₂-voorziening nodig. Een dergelijke voorziening brengt kosten met zich mee. Omdat is uitgegaan van de resultaten van de analyse van de klantgegevens van de CO₂-leveranciers ofwel de inkoop door

¹ In de achterliggende jaren is bij de belichting vooral de belichtingsintensiteit toegenomen en in mindere mate het areaal met belichting. Voor het aandeel belichting voor 2017 is de informatie van 2015 aangehouden.

glastuinbouwbedrijven is impliciet rekening gehouden met de extra kosten voor externe CO₂-voorziening (prijspeil 2017).

CO₂-behoefte per m² per gewas(groep)

De schatting van de CO₂-behoefte (kg/m²) per gewas(groep) in 2017 is vermeld in tabel 4.2. Ook hier zit bij het gewas roos de grootste CO₂-behoefte (80 kg/m² bij belichting), gevolgd voor Lysianthus (55 kg/m² bij belichting), vruchtgroente met belichting (40-50 kg/m²) en vruchtgroente zonder belichting (35-45 kg/m²). De laagste CO₂-behoefte per m² met minder dan 15 kg/m² zit bij de extensievere gewas(groepen) zoals fruit, perkplanten en boomkwekerij. Bij de andere gewas(groepen) zit de CO₂-behoefte daartussen.

Onderscheid belicht en onbelicht

Bij alle gewas(groepen) ligt de CO₂-behoefte bij een belichte teelt op een hoger niveau dan bij een onbelichte teelt. Dit komt vooral doordat bij een belichte teelt de gewasgroei door het kunstlicht wordt gestimuleerd en dit brengt extra CO₂-behoefte met zich mee. Hierbij is ook relevant dat door belichting het meer uren licht is in de kas en er dus over een langere periode CO₂-gedoseerd wordt. Hiernaast wordt in de situatie met belichting energie-intensiever geteeld en meer gericht op productie in de winterperiode. Dit uit zich in een grotere energievraag en een grotere CO₂-behoefte. Hierbij wordt de CO₂-intensiteit van belichte vruchtgroenten gedempt door teeltwisseling en groei van jonge planten in een periode met meer licht in relatief zonnige maanden tijdens of kort na de zomer.

De gewasgroepen (overige groente, overige bloemen, overige bloemkwekerij, potplanten en uitgangsmateriaal) bestaan uit meerdere gewassen. Het zijn juist de intensievere gewassen binnen deze groepen waar belichting wordt toegepast. Hierdoor ontstaat er binnen deze groepen een groter verschil tussen de CO₂-behoefte met en zonder belichting.

Tabel 4.2 Areaal en CO₂-behoefte per gewas(groep) in 2017

Gewas(groep)	Areaal a (ha)	CO ₂ -behoefte (kg/m ²)		CO ₂ -behoefte (kton)	CO ₂ -behoefte (%)
		zonder belichting	met belichting		
Tomaat	1.739	45	45	783	30
Paprika	1.319	35	40	463	18
Komkommer	580	40	50	234	9
Aubergine	103	40	nvt	41	2
Aardbei onder glas	325	15	30	51	2
Aardbei in plastic tunnels	70	nvt	nvt	nvt	nvt
Overige groenten	354	15	30	57	2
Fruit onder glas	95	10	20	10	< 1
Uitgangsmateriaal groente	501	5	20	57	2
Roos	228	40	80	179	7
Chrysant	334	30	40	133	5
Gerbera	167	30	40	65	3
Lelie	136	15	25	33	1
Freesia	66	5	20	11	< 1
Anjer	11	10	nvt	1	< 1
Alstroemeria	39	15	30	11	< 1
Anthurium	46	15	30	8	< 1
Lysianthus	33	25	55	18	1
Orchidee	131	10	25	15	1
Amaryllisbollen	22	10	20	2	< 1
Overige snijbloemen	501	10	20	58	2
Overige bloemkwekerij	101	5	20	8	< 1
Uitgangsmateriaal sierteelt	149	5	25	33	1
Bloeiende potplanten	950	15	30	237	9
Bladpotplanten	367	10	20	42	2
Perkplanten	312	5	15	19	1
Boomkwekerij en vaste planten	401	1	nvt	4	< 1
Totaal	9.080	25	37	2.573	100

Bron: Areaal: LBT. CO₂-behoefte: Wageningen Economic Research.

4.3 CO₂-behoefte sectorniveau 2017

Door combinatie van de CO₂-behoefte per m² met de arealen (ha) per gewas(groep) ontstaat de totale CO₂-behoefte per gewas(groep) (kton) in 2017. Het resultaat hiervan is vermeld in tabel 4.2. In tabel 4.3 is berekend dat de totale CO₂-behoefte op sectorniveau in de veronderstelde situatie met een volledige externe CO₂-voorziening in 2017 2,6 Mton bedraagt. De subsector groenten neemt hiervan 64% voor zijn rekening. Voor de subsectoren bloemen, planten en uitgangsmateriaal is dat respectievelijk 21, 12 en 3%.

De vruchtgroenten tomaat, paprika, en komkommer nemen 57% van de totale CO₂-behoefte van de glastuinbouw voor hun rekening (tabel 4.2). De tomaat kent hierin met 30% het grootste aandeel, gevolgd door paprika (18%) en komkommer (9%). Bij de bloemen hebben de roos (7%) en de chrysanthe (5%) het grootste aandeel in de totale CO₂-behoefte van de sector. Bij de planten zijn dat de bloeiende potplanten (9%). Deze relatief grote aandelen in de totale CO₂-behoefte op sectorniveau worden veroorzaakt door de combinatie van het relatief grote areaal en de relatief hoge CO₂-behoefte per m² bij deze gewas(groepen).

Tabel 4.3 CO₂-behoefte per subsector in 2017

Subsector	Areaal		CO ₂ -behoefte	
	(ha)	(kg/m ²)	(Mton)	(%)
Groenten	4.585	36	1,6	64
Bloemen	1.815	29	0,5	21
Planten	2.030	15	0,3	12
Uitgangsmateriaal	650	14	0,1	3
Totaal	9.080	28	2,6	100

Bron: Areaal: LBT; CO₂-behoefte: Wageningen Economic Research.

5 Prognoses CO₂-behoefte 2030

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de kwantitatieve invulling van de elementen sectorstructuur en CO₂-behoefte per m² in het conceptueel raamwerk voor 2030 uiteengezet. Ook in 2030 betreft dit de elementen areaal en CO₂-behoefte per m², beide per gewas(groep). Hieruit ontstaan de resultaten van de CO₂-behoefte op sectorniveau in 2030.

5.2 Scenario's 2030

Voor de toekomstige situatie in 2030 is het areaal en de CO₂-behoefte per m² per gewas(groep) ingevuld voor een pessimistisch, een gematigd en een optimistisch scenario. In deze drie scenario's zijn denkbeeldige situaties voor de toekomst geschetst. Deze scenario's zijn ontwikkeld in het project Prognoses CO₂-emissie 2030 en zijn hieronder toegelicht.

De Nederlandse glastuinbouw exporteert het overgrote deel van de productie. Deze export vindt vooral plaats binnen Europa. De vraag naar Nederlandse glastuinbouwproducten is daardoor sterk afhankelijk van de internationale en vooral de Europese economie. Daarnaast zijn ook de productiemogelijkheden (fysieke productie en kwaliteit), de productiekosten en de afzetkosten inclusief transportkosten van het Nederlands product ten opzichte van de buitenlandse concurrentie van belang. Door het voorgaande is voor de scenario's geredeneerd vanuit de situatie buiten de sector (externe ontwikkelingen) naar de situatie binnen de sector (interne ontwikkelingen) en vervolgens naar de sectorstructuur, de energievraag en de energievoorziening.

De drie scenario's hangen hoofdzakelijk samen met de economische groei. De kenmerken per scenario zijn weergegeven in tabel 5.1. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de rapportage van het project Prognoses CO₂-emissie 2030 (Van der Velden et al., 2018).

Tabel 5.1 Kenmerken glastuinbouw per scenario 2030

Kenmerken	Scenario's		
	pessimistisch	gematigd	optimistisch
Externe ontwikkelingen			
Economische groei	Laag	Matig	Hoog
Inkomensontwikkeling	Laag	Matig	Hoog
Toekomstvertrouwen	Slecht	Matig	Goed
Marktvraag	Geringe groei	Beperkte groei	Sterkere groei
Energiekosten	Beperkte stijging	Stijging	Sterkere stijging
Technologieontwikkeling	Beperkt	Groter	Sterk
Duurzaamheidswensen afzetmarkt	Beperkt	Groter	Onderscheidend
Interne ontwikkelingen			
Areaal	sterke krimp	Gematigde krimp	Stabiel
Intensivering	Beperkt	Groter	Sterker
Bedrijfsresultaten, rentabiliteit	Onvoldoende	Matig	Goed
Investeringsruimte	Klein	Matig	Groot
Areaal nieuwbouw	Klein	Matig	Groot
Energiebesparing per m ²	Beperkt	Groter	Veel
Duurzame energie per m ²	Beperkt	Groter	Veel

Bron: Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030 (Van der Velden en Smit, 2018).

CO₂-behoefte

Voor de invulling van de CO₂-behoefte per m² kas is ook geredeneerd van buiten naar binnen de sector. Hierbij zijn per scenario vooral de kenmerken die van invloed zijn op het proces van intensivering, extensivering en besparing van belang. Deze kenmerken zijn economische groei, toekomstvertrouwen, marktvrage, intensivering en areaal nieuwbouw in tabel 5.1. Dit is nader uiteengezet in paragraaf 5.3.2.

5.3 Kwantitatieve invulling raamwerk 2030

5.3.1 Areaal 2030

Het areaal per gewas en het aandeel belichting in de drie scenario's voor 2030 is geprognostiseerd in het project Prognoses CO₂-emissie 2030. Tabel 5.2 toont het resultaat voor het areaal, samengevat per subsector. In het optimistische scenario is het totaal areaal glastuinbouw ongeveer gelijk aan dat in 2017. In het gematigde scenario treedt een daling op van circa 1.000 ha en in het pessimistische scenario van circa 2.000 ha. De areaalmutaties zijn voor de subsector bloemen relatief het sterkst, gevolgd door groenten en planten.

Tabel 5.2 Prognose areaal per subsector in 2030

Subsector	2017	Scenario 2030		
		pessimistisch	Gematigd	optimistisch
Groenten	4.585	3.460	3.965	4.470
Bloemen	1.815	1.335	1.660	1.945
Planten	2.030	1.675	1.950	2.075
Uitgangsmateriaal	650	475	520	565
Totaal	9.080	6.945	8.095	9.055

Bron: Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030 (Van der Velden et al., 2018).

Tabel 5.3 toont het resultaat voor het aandeel belichting in 2030, samengevat per subsector. Hieruit blijkt het aandeel van het areaal met belichting is alle drie de scenario's toeneemt. De groei is het kleinst in het pessimistische scenario en het groots in het optimistische scenario. De groei van de belichting zit vooral bij de groente en daarbinnen vooral bij de vruchtgroente.

Tabel 5.3 Prognose aandeel areaal met belichting per subsector in 2030

Subsector	2017	Scenario 2030		
		pessimistisch	Gematigd	optimistisch
Groenten	13	26	29	33
Bloemen	59	61	66	70
Planten	35	30	32	36
Uitgangsmateriaal	52	42	45	55
Totaal	30	35	38	43

Bron: Prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030 (Van der Velden et al., 2018).

5.3.2 Achtergronden bedrijfseffecten

Intensivering, extensivering en besparing

Voor de toekomstige CO₂-behoefte per m² per gewasgroep in 2030 is voortgebouwd op de situatie in 2017 (paragraaf 4.2.2) en op de drie scenario's voor 2030 (paragraaf 5.2). Bij de invulling van de CO₂-behoefte per gewasgroep per scenario in 2030 gaat het om de processen intensivering, extensivering en besparing in de periode 2017-2030. Intensivering en extensivering bestaan uit structureffecten en bedrijfseffecten. Besparing is een bedrijfseffect.

Structuureffecten

De structuureffecten gaan samen met veranderingen in areaal per bedrijfstype c.q. gewas(groep) en aandeel belichting per gewas(groep). De toekomstige CO₂-behoefte op sectorniveau (paragraaf 5.3.3) is bepaald door weging van de CO₂-behoefte per m² per gewas(groep) in 2030 met het areaal per bedrijfstype. Hierdoor zijn de wijzigingen in areaal en in aandeel belichting per gewas(groep) ofwel de structuureffecten in beschouwing genomen.

Bedrijfseffecten

De bedrijfseffecten betreffen het effect op de gemiddelde CO₂-behoefte per m² binnen een gewas(groep). Hierbij zijn de volgende aspecten relevant

1. Perioden met CO₂-dosering
2. Verschil concentratie en volume
3. Gewenste concentratie
4. Ventilatie
5. Kennisontwikkeling en toepassing van kennis

Deze aspecten zijn hierna behandeld.

1. Perioden met CO₂-dosering

Voor de invulling van de CO₂-behoefte per m² per gewasgroep is het relevant wanneer er CO₂ wordt gedoseerd. In de uren met zonlicht en met belichting is er CO₂-behoefte en in het donker is dat niet het geval. Intensivering en extensivering van de CO₂-behoefte en CO₂-besparing kan dus alleen plaatsvinden tijdens uren met licht. Dit zijn op jaarbasis voor de meeste gewassen minder uren dan de uren met warmtevraag. De tijd waarin intensivering en extensivering van de CO₂-behoefte en CO₂-besparing kan plaatsvinden is dus korter dan de tijd voor warmtebesparing. Bovendien komen de perioden met meer warmtevraag (winterperiode en 's nachts) niet overeen met de perioden met meer CO₂-behoefte (zomerperiode en overdag).

2. Verschil concentratie en volume

Het regelen van de CO₂-dosering in de kas vindt vooral plaats op basis van de CO₂-concentratie (ppm) in de kaslucht en de capaciteit van de CO₂-dosering (kg/uur.ha). Dit zijn momentopnamen. Voor het bepalen van de CO₂-behoefte dient de gewenste hoeveelheid CO₂ (kg/m²) die op jaarbasis wordt ingebracht in de kassen te worden bepaald. De gewenste hoeveelheid CO₂ is in de praktijk een afgeleide van de gewenste concentratie.

3. Gewenste CO₂-concentratie

De gewenste CO₂-concentratie dient te worden gezien vanuit het gewas c.q. de productie van glastuinbouwproducten. De gewenste CO₂-concentratie is afhankelijk van de hoeveelheid licht (zonlicht en kunstlicht per m² per uur), de verwachte opbrengstprijzen en de kosten voor CO₂-voorziening.

Licht

De gewenste CO₂-concentratie is afhankelijk van de totale hoeveelheid licht. Dit is zonlicht en kunstlicht. Op jaarbasis is de hoeveelheid zonlicht substantieel groter dan van kunstlicht. De hoeveelheid zonlicht verschilt gedurende het jaar. In de zomerperiode is er veel meer zonlicht (langer en intensiever) dan in de winterperiode. Daardoor is er in de zomerperiode meer groei van het gewas en is de CO₂-behoefte groter dan in de winterperiode (paragraaf 3.3). Belichting wordt vooral gebruikt in de winterperiode. In de winterperiode is de hoeveelheid kunstlicht wel belangrijk ten opzichte van het zonlicht. In vergelijking met het zonlicht in de zomerperiode is de hoeveelheid kunstlicht beperkt.

Als een gewas wordt belicht is de CO₂-behoefte groter en is de belichtingsintensiteit groter, dan is de CO₂-behoefte ook groter. In de achterliggende jaren nam vooral de gemiddelde intensiteit van de belichting toe. De mutatie in de gemiddelde gebruiksduur was beperkt. De verwachting is dat deze ontwikkeling ook in de periode 2017-2030 plaats zal vinden waarbij ledverlichting belangrijk kan worden. Hierdoor zal de hoeveelheid kunstlicht en de CO₂-behoefte intensiveren op het areaal met belichting.

Opbrengstprijzen

Bij hoge opbrengstprijzen zal het bedrijfseconomisch aantrekkelijk zijn om meer CO₂ te doseren dan bij lage prijzen. Over het algemeen liggen de opbrengsteprijzen in de winterperiode hoger dan in de zomerperiode en de prijzen in het voorjaar en najaar zitten daar tussenin (zie kader 5.1). Het heeft vaak geen zin om in de zomerperiode hoge CO₂-concentraties aan te houden. Door de vaak geopende luchtramen verdwijnt er veel CO₂ naar buiten de kas en is er in die perioden extra veel CO₂ nodig om hoge CO₂-concentraties aan te houden. Bovendien zijn in deze periode de opbrengstprijzen relatief laag. De extra opbrengsten wegen dan vaak niet op tegen de extra kosten die samengaan met hoge CO₂-concentraties en dit is bedrijfseconomisch niet interessant (zie ook paragraaf 3.3). Bovendien kan het ook beter zijn om het gewas in goede conditie te houden voor een betere productie in de periode na de zomer met hogere productprijzen.

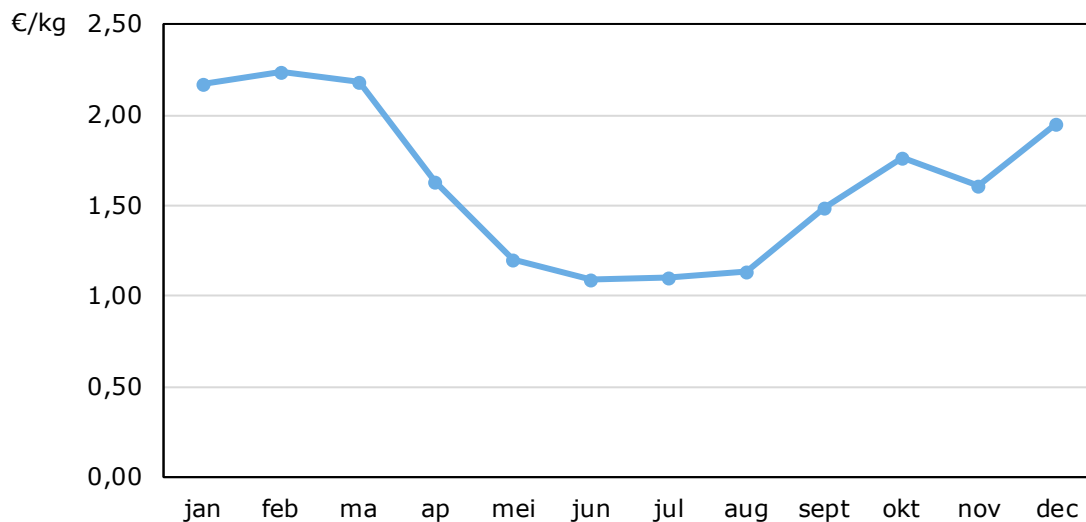
Hiernaast speelt CO₂-dosering ook een rol bij de timing van de productie. Naast de zomerperiode zijn de opbrengstprijzen van glastuinbouwproducten vaak ook hoger in de korte periode voorafgaand aan bepaalde feestdagen en evenementen die de vraag naar glastuinbouwproducten verhogen. Dit geldt vooral voor sierteeltproducten. Hierdoor kan het bedrijfseconomisch interessant zijn om in de voorafgaande teeltperioden de CO₂ inzet te intensiveren om een grotere en een kwalitatief betere productie te realiseren die aansluit bij de wensen en planning van de klant.

Kosten CO₂

Bij hogere kosten voor de CO₂-voorziening zal het minder aantrekkelijk zijn om hogere CO₂-concentraties aan te houden. Bij lagere kosten is het tegengestelde het geval. Deze invloed is vooral groot ten tijde van lage opbrengstprijzen.

Kader 5.1. Prijsverloop glastuinbouwproducten gedurende het jaar

De prijs van glastuinbouwproducten ligt in de winterperiode op een hoger niveau dan in de zomerperiode. De prijzen in het voor- en najaar liggen hier tussenin. Dit is geïllustreerd met een voorbeeld van de exportprijzen van tomaat in figuur 4.1. Bij veel andere gewassen c.q. producten komt eenzelfde patroon voor.



Figuur 5.1 Gemiddelde prijzen per maand van tomaten geëxporteerd uit Nederland in de periode 2014-2018
Bron: Eurostat.

4. Ventilatie

De hoeveelheid CO₂ die in de kas wordt gebracht (kg/m²) is afhankelijk van de gewenste CO₂-concentratie in de kas (ppm), de mate waarin wordt geventileerd en de CO₂-concentratie van de buitenlucht. Doordat de concentratie in de buitenlucht lager is, verdwijnt er door ventilatie CO₂ uit de kas naar buiten.

Kassen

De mate van ventilatie is afhankelijk van de mate waarin kassen 'dicht' zijn en het openen van de luchtramen. De dichtheid van de kassen hangt samen met de leeftijd van de kassen en dus met nieuwbouw van kassen. In het optimistische scenario worden er meer nieuwe kassen gebouwd dan in het pessimistische scenario en is het verlies van CO₂ minder groot. Gezien de impact van ventilatie met luchtramen is de impact van de kas echter beperkt.

Ventileren

Het ventileren c.q. openen van luchtramen is nodig voor beheersing van de luchtvochtigheid en luchttemperatuur in de kas. Door het ventileren verdwijnt er echter ook CO₂ uit kas. Dit verlies kan worden beperkt door minder te luchten of de luchtramen gesloten te houden.

Het ventileren met luchtramen is een onderdeel van de klimaatregeling in de kassen. Door Het Nieuwe Telen (HNT) is de strategie van de kasklimaatregeling aan het veranderen. Bij HNT wordt de inzet van schermen, luchtramen en verwarming continue onderling en op de teelt afgestemd met als doel een optimaal productieklimaat in de kas. HNT bespaart warmte door deels het gebruik van buitenomstandigheden (licht), deels tolerantie van vocht en deels door minder verdamping te laten ontstaan vanuit het gewas in combinatie met een andere wijze van vochtafvoer. Hierbij wordt ook onnodige verdamping voorkomen.

De andere wijze van vochtafvoer betreft in eerste instantie vooral condensatie van water aan de binnenkant van het kasdek in combinatie met het gebruik van vocht doorlatende schermen. Door het langer gesloten houden van schermen en door minder te luchten via de ramen gaat er minder warmte verloren uit de kassen. Dit laatste geldt ook voor CO₂ waardoor een lagere CO₂-behoefte (kg/m²) ontstaat ofwel er wordt CO₂ bespaard. Soms wordt deze strategie gecombineerd met luchtbehandelingskasten of geforceerde luchtstroming. Ook hierdoor zal er minder gelucht worden en dat beperkt het CO₂-verlies extra waardoor CO₂-besparing optreedt. Ontvochtiging in perioden dat de vochtigheid niet te hoog is stimuleert echter de verdamping en dat is tegendraads aan HNT. Toepassing van ontvochtiging is dus relevant in perioden met een te hoge vochtigheid.

5. Kennisontwikkeling en toepassing van kennis

Kennisontwikkeling

De kennisontwikkeling rond CO₂-doseren en CO₂-behoefte is verbonden met ervaringen bij en kennisontwikkeling van HNT. Hierbij is het belangrijk te realiseren dat de CO₂-behoefte in kortere en andere perioden plaatsvindt dan de warmtevraag, omdat de CO₂-behoefte hoofdzakelijk verbonden is met de hoeveelheid licht. De ontwikkeling van HNT, eventueel inclusief ontvochtiging, is een doorlopend proces waarin nog stappen gemaakt zullen worden. Hiermee samenhangend zal er ook meer kennis ontstaan over het doseren van CO₂-dosering. Hierdoor zal er meer inzicht ontstaan in de mogelijkheden om gedurende bepaalde perioden in het jaar CO₂ meer selectief en effectief in te zetten.

Een voorbeeld hiervan is het onderzoek *CO₂ niet meer dan genoeg* (De Gelder et al., 2014). Uit dit onderzoek in proefkassen blijkt dat er met een andere CO₂-doseerstrategie, minder CO₂-dosering mogelijk is met een bijna gelijkblijvende productie. De CO₂-doseerstrategie bij dit onderzoek was gestoeld op HNT met de kenmerken geen standaard minimumbuis, een hogere luchtvochtigheid, inzet van drie schermen en buitenlucht aanzuiging.

Naast teeltkundig inzicht in de mogelijkheden voor CO₂-besparing zal er ook inzicht ontstaan in de perioden gedurende het jaar waarin het teeltkundig zinvol kan zijn om meer CO₂ te doseren. Deze intensivering kan samen met CO₂-besparing leiden tot selectievere dosering van CO₂. De mate en de perioden waarin dit plaats zal vinden, wordt mede bepaald door het anticiperen op de verwachte opbrengstprijzen van de glastuinbouwproducten en de kosten voor de gedoseerde CO₂.

Toepassing van kennis

Bij HNT is gebleken dat de aandacht voor en de toepassing van de ontwikkelde kennis gestimuleerd wordt door een positieve invloed vanuit HNT op het kasklimaat en vervolgens op de productie

(Buurma et al., 2014) (Buurma et al., 2015). Het positieve effect op de productie omvat zowel de omvang van de productie, risicobeheersing als de kwaliteit van de geteelde producten. De productie is de kernactiviteit van een glastuinbouwondernemer. Als nieuwe kennis aansluit bij c.q. een bouwsteen is voor deze kernactiviteit zal dit de toepassing van de kennis versnellen en vergroten.

Marktkennis

Relevant is ook de voortschrijdende ontwikkeling van de informatietechnologie. Door meer informatie over marktvaart en opbrengstprijzen ontstaat er meer marktkennis. In combinatie met meer kennis over de relaties tussen klimaat en de gewasproductie zullen glastuinbouwondernemers hierop inspelen met de mate van CO₂-dosering.

5.3.3 CO₂-behoefte per m² kas 2030

Het totaal effect van de hiervoor behandelde aspecten op de CO₂-behoefte per m² per gewas(groep) verschilt per scenario.

De verwachting is dat bij vrijwel alle gewas(groepen) in alle drie de scenario's zowel CO₂-besparing als intensivering van de CO₂-behoefte ofwel selectieve CO₂-dosering zal plaatsvinden. Net als in het verleden wordt verwacht dat er geen substantiële extensivering van de teelt en dus van de CO₂-behoefte op zal treden.

'CO₂ spread'

Op basis van de vorige paragraaf is de mate van CO₂-doseren afhankelijk verondersteld van de verhouding tussen verwachte opbrengsten van de glastuinbouwproducten door CO₂-dosering en de kosten van de CO₂-dosering. Per periode zal de verhouding tussen de marginale opbrengsten en de marginale kosten bepalend zijn. Deze verhouding wordt – overeenkomstig de *spark spread* voor de verkoop van elektriciteit vanuit wkk – de *CO₂ spread* genoemd.

Het effect van de CO₂-behoefte door hogere kosten van externe CO₂ is in beschouwing genomen bij het invullen van de CO₂-behoefte per gewas(groep) in 2017 (paragraaf 4.2.2). Vervolgens is het de vraag hoe de kosten voor externe CO₂ zich in de toekomst zullen ontwikkelen.

In kader 4.2 zijn de gemiddelde kosten, de tariefstructuur en de marginale kosten voor inkoop CO₂ beschreven. Uit de informatie blijkt dat de kosten voor de laatste eenheid CO₂ beperkt zijn en de verwachting is dat deze marginale kosten ook in de toekomst beperkt van omvang zullen blijven. Redenerend vanuit de genoemde *CO₂ spread* zal hierdoor de CO₂-besparing in de toekomst weinig gestimuleerd worden vanuit de kosten. Daartegenover staat dat de kosten voor intensivering van de CO₂-behoefte beperkt van omvang zullen zijn.

Kostenstructuur warmte

Naast de kostenstructuur voor externe CO₂ is in kader 5.2 ook de kostenstructuur van warmtevoorzieningsopties zonder CO₂-emissie behandeld. Ook bij deze opties zijn de marginale kosten lager dan het alternatief. Redenerend vanuit de kosten zal hierdoor warmtebesparing in de zomerperiode weinig gestimuleerd worden waardoor ook het indirecte effect op de CO₂-besparing weinig gestimuleerd wordt.

Keuze CO₂-behoefte per gewasgroep per scenario 2030

In 2030 zal er selectiever CO₂ worden gedoseerd. Dit betekent minder CO₂-dosering bij een ongunstige CO₂ spread en meer CO₂-dosering bij een gunstige CO₂ spread.

Op basis van het voorgaande is ervan uit gegaan dat in de situatie zonder belichting in het gematigde scenario 2030 er per saldo weinig verschil zal zijn in CO₂-behoefte per gewas(groep) ten opzichte van de virtuele situatie in 2017 (tabel 5.5). De belichting zal intensiveren waardoor de CO₂-behoefte in de situatie met belichting zal toenemen ten opzichte van 2017.

Kader 5.2. Kosten en kostenstructuur voor inkoop externe CO₂ en voor warmtevoorzieningsopties zonder CO₂-emissie

Gemiddelde kosten externe CO₂

De gemiddelde totale kosten voor inkoop CO₂ bedragen circa 8 cent per kg (tabel 5.4). In de tabel is onderscheid gemaakt naar aanvoer per pijpleiding en aanlevering per as. De kosten bij aanvoer per pijpleiding (circa 7 cent/kg) liggen lager en per as (circa 10 cent/kg) hoger. De gemiddelde kosten voor inkoop CO₂ zijn hiermee substantieel hoger dan de kosten voor de CO₂ bij gebruik van de rookgassen vanuit de aardgasketel en de aardgasgestookte wkk die substantieel lager liggen (< 2 cent/kg).

Tabel 5.4 Gemiddelde totale kosten CO₂-inkoop glastuinbouw in 2017 (cent/kg) a)

Wijze van transport	Gemiddelde kosten
Pijpleiding	6,7
Per as	9,6
Gemiddeld	8,0

Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Economic Research

a) Deze gemiddelde prijzen kunnen hoger liggen dan de gemiddelde tarieven van de leveranciers doordat niet continue de gecontracteerde capaciteit wordt benut.

Tariefstructuur inkoop CO₂

Achter de hiervoor besproken gemiddelde totale kosten voor inkoop CO₂ is de tariefstructuur van belang. In de huidige tariefstructuren bestaan de totale kosten voor externe CO₂ uit vaste (€/jaar) en variabele (€/kg) kosten. De meeste CO₂ wordt aan de glastuinbouw geleverd via een pijpleiding. De gemiddelde totale kosten van deze vorm van levering bestaan voor het grootste deel uit vaste kosten. De variabele component is vaak afwezig en alleen relevant bij de overstap naar een grotere contractcapaciteit (kg/uur). Dit betekent dat er zonder verlaging van de capaciteit geen of vrijwel geen marginale kosten zijn. Bij levering per as zijn er wel variabele kosten (€/kg), maar ook bij deze vorm van levering zijn er vaste kosten en zijn de marginale kosten lager dan de gemiddelde kosten.

Toekomst

Verwacht wordt dat de huidige tariefstructuur ook in de toekomst gehanteerd zal worden. Dit brengt met zich mee dat de marginale kosten, ofwel de kosten voor de laatste eenheid CO₂ ook in de toekomst beperkt van omvang of afwezig zullen zijn. Hierdoor zal de CO₂-besparing in de toekomst bij een ongewijzigde tariefstructuur nauwelijks gestimuleerd worden vanuit de kostenkant. Daartegenover staat dat de kosten voor intensivering zonder verhoging van de capaciteit beperkt van omvang zullen zijn.

Kostenstructuur warmtevoorzieningsopties zonder CO₂-emissie

Bij de kosten voor warmtevoorzieningsopties zonder CO₂-emissie zoals aardwarmte en inkoop warmte zijn er ook meer vaste kosten (€/jaar) dan variabele kosten (€/GJ). Dit komt doordat de investering voor dergelijke opties naar verhouding hoog zijn, ten opzichte van de exploitatiekosten. De verwachting is dat dit in de toekomst niet veranderd is. De marginale kosten blijven daardoor lager dan bij het alternatief aardgas, die vooral per eenheid wordt afgerekend.

De warmtevoorzieningsopties zonder CO₂-emissie worden in de praktijk ingezet in de basislast. In de zomerperiode is de capaciteit van deze warmtebronnen vaak groot genoeg om in de warmtevraag te voorzien. Door de lage marginale kosten voor de warmte zal ook de warmtebesparing in de zomerperiode weinig gestimuleerd worden vanuit de kosten. CO₂-besparing in de zomerperiode gaat deels samen met warmtebesparing. Door de lage marginale kosten van de warmtevoorzieningsopties zonder CO₂-emissie zal de warmtebesparing dan ook weinig indirect effect hebben op CO₂-besparing in de zomerperiode met de grootste CO₂-behoefte.

De gewasgroepen zoals overige groente, overige bloemen, overige bloemkwekerij en potplanten bestaan uit zowel extensievere en intensievere gewassen. Binnen deze gewasgroepen zullen in de toekomst meer intensievere en minder extensievere gewassen worden geteeld. Ook zal er meer belichting worden toegepast bij de intensievere gewassen binnen de groepen. Daarom is het verschil in CO₂-behoefte tussen zonder en met belichting bij deze groepen groter. Dit effect is sterker in het optimistische scenario dan in het pessimistische scenario.

Tabel 5.5 Prognose CO₂-behoefte per gewas(groep) per scenario in 2030 (kg CO₂/m²)

Gewas(groep)	2017		Scenario 2030					
	belichting		pessimistisch belichting		gematigd belichting		optimistisch Belichting	
	zonder	met	zonder	met	zonder	met	zonder	met
Tomaat	45	45	40	45	45	50	47	55
Paprika	35	40	30	35	35	40	37	45
Komkommer	40	50	35	45	40	50	42	55
Aubergine	40		35	40	40	45	42	50
Aardbei onder glas	15	30	13	25	15	30	16	32
Aardbei in plastic tunnels	0	0	0	0	0	0	0	0
Overige groenten	15	30	17	30	20	35	21	37
Fruit onder glas	10	20	8	17	10	20	11	21
Uitgangsmateriaal groente	5	20	4	21	5	25	6	26
Roos	40	80	35	75	40	85	42	90
Chrysant	30	40	25	40	30	45	32	47
Gerbera	30	40	25	40	30	45	32	47
Lelie	15	25	13	21	15	25	16	26
Freesia	5	20	4	17	5	20	6	21
Anjer a)	10							
Alstroemeria	15	30	13	25	15	30	16	32
Anthurium	15	30	13	25	15	30	16	32
Lysianthus	25	55	22	50	25	60	26	65
Orchidee	10	25	8	21	10	25	11	26
Amaryllisbollen	10	20	8	17	10	20	11	21
Overige snijbloemen	10	20	8	21	10	25	11	26
Overige bloemkwekerij	5	20	4	21	5	25	6	26
Uitgangsmateriaal sierteelt	5	25	4	26	5	30	6	32
Bloeiende potplanten	15	30	13	30	15	35	16	37
Bladpotplanten	10	20	8	21	10	25	11	26
Perkplanten	5	15	4	13	5	15	6	16
Boomkwekerij en vaste planten	1	0	1	0	1	nvt	1	nvt
Gemiddeld	25	37	20	38	22	43	24	46
Gemiddeld	28		26		30		34	

a) In 2030 is Anjer toegevoegd aan overige bloemen.

Bij een beperkt deel van de gewas(groepen) verandert de CO₂-behoefte per m² in alle drie de scenario's weinig ten opzichte van 2017. Bij deze gewassen vindt vorming van assimilaten voor een belangrijk deel plaats bij de teelt van het uitgangsmateriaal en dit vindt in een eerdere teelt en/of buiten de kas plaats (lelie, freesia, tulp en amaryllis) of vooral in de zomer met veel ventilatie (fruit). Hierdoor ligt de CO₂-behoefte per m² bij deze gewassen ook op een relatief lager niveau.

In het pessimistische scenario 2030 is de economische groei minder gunstig. Hierdoor is er minder groei van de vraag naar glastuinbouwproducten en zijn de opbrengstprijzen lager. Dit is ongunstig voor de CO₂ spread en ontstaat er een lagere CO₂-behoefte per gewas(groep), zowel in de situatie zonder als met belichting. In het optimistische scenario 2030 is het tegengestelde het geval en ontstaat er een hogere CO₂-behoefte, zowel in de situatie zonder als met belichting. De toename van de fysieke productie door meer CO₂-dosering kent een afvlakkend patroon ofwel er is sprake van afnemende meeropbrengsten. Hierdoor is de daling van de CO₂-behoefte in het pessimistische scenario sterker dan de toename van de CO₂-behoefte in het optimistische scenario (tabel 5.5).

In het optimistische scenario zal de belichting sterker intensiveren waardoor de toename van de CO₂-behoefte op het areaal met belichting sterker zal zijn. In het pessimistische scenario is het tegengestelde het geval.

Redenerend vanuit de CO₂ spread zal hierdoor de CO₂-besparing in de toekomst weinig gestimuleerd worden vanuit de kosten. Daartegenover staat dat de kosten voor intensivering van de CO₂-behoefte beperkt van omvang zullen zijn.

CO₂-behoefte per gewasgroep per scenario 2030

In 2030 zal er selectiever CO₂ worden gedoseerd. Dit betekent minder CO₂-dosering bij een ongunstige CO₂ spread en meer CO₂-dosering bij een gunstige CO₂ spread.

Op basis van het voorgaande is ervan uit gegaan dat in de situatie zonder belichting in het gematigde scenario 2030 er per saldo weinig verschil zal zijn in CO₂-behoefte per gewas(groep) ten opzichte van de veronderstelde situatie in 2017 (tabel 5.5). De belichting zal intensiveren waardoor de CO₂-behoefte in de situatie met belichting zal toenemen ten opzichte van 2017.

5.4 CO₂-behoefte sectorniveau 2030

Op basis van de CO₂-behoefte per gewas(groep) in 2030 in combinatie met de arealen (ha) per gewas(groep) in 2030 is de totale CO₂-behoefte op sectorniveau (Mton) in 2030 gekwantificeerd. Het resultaat hiervan is vermeld in tabel 5.6. Het resultaat in het scenario met een gematigde economische ontwikkeling is een CO₂-behoefte op sectorniveau van 2,5 Mton. In het pessimistische scenario is dit 1,8 Mton en in het optimistische scenario 3,0 Mton. Het resultaat in het gematigde scenario ligt 0,1 Mton onder de veronderstelde CO₂-behoefte zonder aardgasverbruik in 2017. In het pessimistische scenario ligt de behoefte er 0,8 Mton onder en in het optimistische scenario 0,4 Mton erboven.

Tabel 5.6 Schatting CO₂-behoefte in 2017 en prognose CO₂-behoefte per scenario 2030 van de glastuinbouw op sectorniveau en per subsector bij volledige externe voorziening (Mton)

Subsector	2017	Scenario 2030		
		Pessimistisch	gematigd	optimistisch
Groente en fruit	1,6	1,2	1,5	1,8
Bloemen	0,5	0,4	0,6	0,8
Planten	0,3	0,2	0,3	0,4
Uitgangsmateriaal	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal	2,6	1,8	2,5	3,0
<i>Totaal, alleen structureffect</i>		<i>2,0</i>	<i>2,3</i>	<i>2,7</i>

Structureffect

Ook het resultaat van alleen het structureffect, ofwel de mutaties in het areaal en het aandeel belichting per gewas(groep) is vermeld in tabel 5.6. Dit resultaat wijkt niet veel af van het totaalresultaat. Hierbij valt op dat het resultaat van alleen het structuur-effect in het pessimistische scenario hoger ligt en in het optimistische scenario lager ligt dan het totaalresultaat. Dit komt doordat de gemiddelde CO₂-behoefte per m² in het pessimistische scenario lager ligt en in het optimistische scenario hoger ligt dan in het gematigde scenario. Het resultaat van het structureffect betekent dat de verschillen in resultaat tussen de scenario's vooral worden veroorzaakt door het structureffect en minder door het effect van de mutatie van de CO₂-behoefte per m² kas.

5.5 Globale CO₂-behoefte per regio 2030

In deze paragraaf zijn de globale resultaten per regio behandeld. Uitgegaan is van het areaal glastuinbouw in 2017 per gewas(groep) per regio. Voor het toekomstig areaal (2030) per regio is de prognose van het toekomstig nationaal areaal per gewas(groep) proportioneel verdeeld over de regio's op basis van de verdeling van het areaal per gewasgroep in 2017. Voor de CO₂-behoefte per

gewas(groep) (kg/m²) in 2030 is per scenario hetzelfde aangehouden als voor de landelijke prognose (paragraaf 5.4.3).

In werkelijkheid kan de ontwikkeling van het areaal per gewas(groep) per regio afwijken van de landelijke ontwikkeling. Dit geldt in mindere mate ook voor de gemiddelde CO₂-behoefte per m² per gewas(groep). Het resultaat van de regionale prognose van de CO₂-behoefte dient daardoor te worden gezien als een globale indicatie. Een nadere uiteenzetting van de regio-indeling is opgenomen in bijlage 4.

Uit tabel 5.7 blijkt dat de grootste CO₂-behoefte (circa 56%) zich globaal bevindt in de regio A (Zuid-Holland en zuidelijk Noord-Holland). Dit gaat samen met het grote aandeel in het nationaal areaal glastuinbouw dat in deze regio is gevestigd. Deze regio komt grotendeels overeen met het huidige leveringsgebied van CO₂ afkomstig van OCAP. De overige regio's kennen een substantieel lagere absolute CO₂-behoefte. Bij de overige regio's zit de grootste CO₂-behoefte in regio D (Noord-Brabant-Oost en Limburg) en in regio C (Noord-Brabant-West en Zeeland). Daarna volgt de regio's E (Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel en Flevoland), 2 (Noord-Holland noord) en F (Gelderland en Utrecht).

De absolute CO₂-behoefte van de glastuinbouw bevindt zich dus vooral in en om de Randstad. Bovendien is in de overige regio's de glastuinbouw meer verspreid gevestigd en is de CO₂-behoefte dus minder gebundeld.



Figuur 5.2 Regionale indeling Nederland voor prognose globale CO₂-behoefte glastuinbouw per regio

Tabel 5.7 Globale prognose CO₂-behoefte 2030 per regio en per scenario a)

Regio	2017 b)	Scenario's 2030						
		Pessimistisch			Gematigd		Optimistisch	
		areaal	areaal	CO ₂ - behoefte	areaal	CO ₂ - behoefte	areaal	CO ₂ - behoefte
		(ha)	(ha)	(Mton)	(ha)	(Mton)	(ha)	(Mton)
A	Zuid-Holland en zuidelijk Noord-Holland	4.722	3.647	1,0	4.250	1,4	4.754	1,7
B	Noord-Holland noord	685	510	0,1	590	0,2	664	0,2
C	West Noord-Brabant en Zeeland	1.117	837	0,2	989	0,3	1.110	0,3
D	Oost Noord-Brabant en Limburg	1.230	926	0,2	1.074	0,3	1.199	0,4
E	Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel en Flevoland	787	603	0,2	695	0,2	772	0,2
F	Gelderland en Utrecht	539	422	0,1	497	0,1	556	0,2
Totaal		9.080	6.945	1,8	8.095	2,5	9.055	3,0

a) Voor het areaal in 2030 per regio is het nationaal areaal per gewas(groep) in 2030 proportioneel verdeeld over de regio's op basis van de verdeling van het areaal per gewas(groep) in 2017.

b) Bron CBS Landbouwtelling.

6 Reflectie op prognoses

Inleiding

De maatschappij en de glastuinbouw staan voor een grote uitdaging om de CO₂-emissie te reduceren. Dit kan via twee hoofdlijnen: energiebesparing (vraagreductie) en het gebruik van energievoorzieningsopties zonder CO₂-emissie. Een energievoorziening zonder CO₂-emissie brengt geen CO₂ voorziening voor de gewassen met zich mee terwijl dit wel essentieel is voor de teelt in de kassen. Parallel aan het realiseren van een energievoorziening zonder CO₂-emissie dient voor de glastuinbouw dus ook een alternatieve CO₂-voorziening gerealiseerd te worden. Door de CO₂-voorziening te ontkoppelen van de energievoorziening kan tevens selectiever verwarmd worden en dit draagt bij aan energiebesparing.

Motieven ondernemers

Bij de motieven voor het huidige gebruik van externe CO₂ spelen naast de energievoorziening zonder CO₂-emissie en 'vermeden zomerstook' ook twee andere motieven een rol (Smit, 2011). Ten eerste is dat de risicobeheersing in de teelt. Doordat er in de winterperiode in de kassen minder wordt geventileerd, kunnen schadelijke stoffen die ontstaan bij de verbranding van aardgas zich ophopen en kan er gewasschade optreden. Hierdoor ontstaat er behoefte aan schonere 'zuivere CO₂' in plaats van rookgas-CO₂. Daarnaast zijn er ondernemers die jaarrond een nultolerantie ten aanzien van onzuiverheden in de kaslucht door het doseren van CO₂ hanteren. Voor hen is productkwaliteit en leveringszekerheid van het grootste belang. Ten tweede kan er door intensivering van de CO₂-dosering extra productie worden gerealiseerd. In perioden met hogere opbrengstprijzen voor de geteelde producten, bijvoorbeeld voorafgaand aan feestdagen, kan de extra productie bedrijfseconomisch voordeel opleveren.

CO₂-behoefte 2030

De CO₂-behoefte op sectorniveau voor de veronderstelde situatie met een volledige externe CO₂-voorziening in 2030 loopt uiteen van 1,8 in het pessimistische scenario tot 3,0 Mton in het optimistische scenario. Dit is lager dan de huidige situatie waarbij vooral gebruik wordt gemaakt van rookgasen uit wkk's en ketels en het CO₂-aanbod in de glastuinbouw groot is. Het verschil tussen de scenario's komt vooral door de omvang van het totaalareaal in 2030. In alle 3 de scenario's wordt er CO₂ bespaard en intensiveert de CO₂-behoefte. In het pessimistische scenario is de besparing groter dan de intensivering en in het optimistische scenario is het tegengestelde het geval. Hierdoor is de gemiddelde CO₂-behoefte per m² kas in het pessimistische scenario kleiner (26 kg/m²) en in het optimistische scenario groter (32 kg/m²) dan in 2017 (28 kg/m²).

Prognoses CO₂-emissie 2030

In een eerder onderzoek is de CO₂-emissie van de glastuinbouw in 2030 geprognostiseerd op basis van overeenkomstige scenario's. Hieruit bleek een CO₂-emissie die uiteenloopt van 2,7 tot 3,3 Mton. Dit betekent dat de CO₂-behoefte op een niveau ligt dat 67 tot 91% bedraagt van de geprognostiseerde CO₂-emissie in 2030. Als de CO₂-emissie na 2030 verder wordt gereduceerd dan kan de CO₂-behoefte boven de CO₂-emissie komen te liggen.

Vervolg vragen

Met de verkregen inzichten rijzen onder meer de volgende vragen: Hoe zeker is de geprognostiseerde CO₂-behoefte? Welke bronnen zijn er voor de CO₂-voorziening? Hoe is de behoefte verdeeld over het jaar? Hoe over de etmalen? Wat is de benodigde capaciteit? Welke invloed heeft nieuwe kennis van markt en van plantfysiologie? Welke invloed hebben de CO₂-kosten en de tariefstructuur? Hoe zit het regionaal met deze vragen? Welke relaties zijn er te leggen met CO₂-doelen van andere sectoren? Welke invloed gaat uit van betrokken partijen (glastuinders, dienstverlening, toelevering, projectontwikkelaars en overheden) bij de toekomstige externe CO₂-voorziening?

Gevoeligheden prognose CO₂-behoefte

Toekomstprognoses zijn omgeven met onzekerheden. De gevoeligheden van het resultaat van de geprognostiseerde CO₂-behoefte zitten bij het toekomstig areaal glastuinbouw en bij de besparing en de intensivering van de CO₂-behoefte. Wijkt het toekomstig areaal 500 ha af van de prognose, dan geeft dit, afhankelijk van het scenario, een wijziging in de toekomstige CO₂-behoefte van 5 tot 7%. Wijkt de gemiddelde CO₂-behoefte per m² kas, 1 kg af van de prognose dan geeft dit, afhankelijk van het scenario een wijziging in de toekomstige CO₂-behoefte van 3 tot 4%. Bij een afwijking van 5 kg per m² is dit 16 tot 19%.

De variabelen areaal en CO₂-behoefte per m² kas zijn niet eenvoudig te prognostiseren. Wat wel duidelijk is dat deze variabelen samenhangen met de economische groei en het scenario dat daarbij hoort. De achterliggende factoren bij de CO₂-behoefte per m² zijn intensivering, extensivering en besparing. Alle drie zullen met zekerheid optreden waarbij vooral de effecten van intensivering en de besparing belangrijk zijn. Het kwantitatieve effect van beiden is vooral afhankelijk van de marginale opbrengsten van de glastuinbouwproducten door CO₂-dosering en de marginale kosten van de externe CO₂. Zoals bij de wkk de spark spread van belang is, is dat bij CO₂-dosereren de CO₂ spread. Extensivering zal geen grote invloed hebben.

CO₂ spread

Bij de CO₂ spread gaat het niet om de gemiddelde kosten van de CO₂-voorziening (€/kg) maar is de tariefstructuur is bepalend. De tariefstructuur bestaat voor het grootste deel uit vaste kosten (€/jaar) en de variabele kosten (€/kg) zijn beperkt. De vaste kosten hangen samen met de gecontracteerde capaciteit. Zonder vergroting van de capaciteit brengt de tariefstructuur geen of lage marginale kosten voor externe CO₂ met zich mee en dit resulteert in een gunstige CO₂ spread. Een gunstige CO₂ spread stimuleert de intensivering en remt de besparing en resulteert per saldo in een grotere CO₂-behoefte per m².

Voor het realiseren van CO₂-besparing is daarom het ontwikkelen van een tariefstructuur voor inkoop van externe CO₂ met minder vaste kosten en meer variabele c.q. hogere marginale kosten van belang. Dit geldt indirect via warmtebesparing ook voor de tariefstructuur voor warmte-inkoop.

Concretisering mogelijke besparing CO₂-behoefte

Rond de mogelijkheden van CO₂ besparing maar ook van intensivering van de CO₂-behoefte bestaan vele vragen. Daardoor is kennisontwikkeling over deze materie van groot belang. Dit geldt ook voor de toepassing van bestaande en nieuwe kennis over deze materie. Hierbij is het belangrijk dat de kennisontwikkeling resulteert in concrete mogelijkheden die door ondernemers opgepakt en doorontwikkeld kunnen worden. Hiervoor zou het boek over de basisprincipes van HNT kunnen worden uitgebreid met basisprincipes van CO₂-dosering.

CO₂-voorziening

Bij de CO₂-voorziening gaat het om de vraag hoe in de benodigde CO₂ zou kunnen worden voorzien. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek. Wel is duidelijk geworden waar de CO₂-behoefte zich globaal binnen Nederland bevindt. De CO₂-behoefte zit vooral in en om de Randstad; daar is immers de meeste glastuinbouw gevestigd. Ook is de CO₂-behoefte hier het meest geconcentreerd. In deze regio bevindt zich relatief meer industrie en afvalverwerking die CO₂ als afvalproduct kunnen hebben. In de andere regio's zit minder CO₂-behoefte en is de behoefte meer verspreid. In deze regio's zijn er meer mogelijkheden voor CO₂-voorziening vanuit organisch materiaal zoals hout, mest, bio-gewassen, enzovoort. Bij de CO₂-voorziening is ook inzicht het afnamepatroon gedurende het jaar en per etmaal, de benodigde capaciteit (kg/uur) en de leveringszekerheid van belang.

7 Conclusie en aanbevelingen

Conclusies

- De geprognostiseerde CO₂-behoefte van de glastuinbouw op sectorniveau in 2030 loopt in de drie afzonderlijke scenario's sterk uiteen. In het optimistische scenario bedraagt de CO₂-behoefte 3,0, in het gematigde scenario 2,5 en in het pessimistische scenario 1,8 Mton. Hierbij is gerekend vanuit de behoefte vanuit de gewassen en is rekening gehouden met de kosten voor een alternatieve CO₂-voorziening.
- De gemiddelde CO₂-behoefte per m² kas bedraagt in de prognose 2030 in het optimistische scenario 34, in het gematigde scenario 30 en behoefte in het pessimistische scenario 26 kg.
- Zowel de absolute CO₂-behoefte als de CO₂-behoefte per m² is in het optimistische scenario het grootst. Bij de absolute behoefte komt dat vooral door het verschil in areaal tussen de scenario's. Bij de CO₂-behoefte per m² komt dat doordat in het optimistische scenario de intensivering van de CO₂-behoefte groter is dan de besparing plus extensivering. In het pessimistische scenario is het tegenovergestelde het geval.
- De schatting van de CO₂-behoefte in de veronderstelde situatie zonder aardgas op sectorniveau in 2017 bedraagt 2,6 Mton en per m² 28 kg. Het verschil op sectorniveau tussen 2017 en 2030 wordt vooral veroorzaakt door het structureffect c.q. de mutaties in areaal per gewas(groep) en aandeel belichting en minder door het effect van de mutatie in de CO₂-behoefte per m² kas.
- De geprognostiseerde CO₂-behoefte in 2030 ligt op een niveau van 67 tot 91% van de geprognostiseerde CO₂-emissie in 2030 op basis van overeenkomstige scenario's.
- De absolute CO₂-behoefte van de Nederlandse glastuinbouw zit voor meer dan de helft in en om de Randstad; daar is immers de meeste glastuinbouw gevestigd. Ook is daar de CO₂-behoefte het meest geconcentreerd. In de andere regio's is de absolute CO₂-behoefte kleiner en is deze meer verspreid.

Aanbevelingen

- Voor meer inzicht in de mogelijkheden van besparing op de CO₂-behoefte is kennisontwikkeling over de relatie tussen CO₂-dosering en de productie en de relatie tussen de productie en de opbrengstprijzen, beiden gedurende het jaar, nodig. Bij de CO₂-behoefte gaat het om zowel de hoeveelheid CO₂ (kg/m².jaar) als de capaciteit (kg/ha.uur).
- Voor het realiseren van CO₂-besparing is de ontwikkeling van een tariefstructuur met minder vaste kosten en meer variabele c.q. hogere marginale kosten van belang. Dit geldt indirect via warmtebesparing ook voor de tariefstructuur voor warmte-inkoop.
- Naast de CO₂-behoefte is ook inzicht nodig in de mogelijke CO₂-voorziening van de glastuinbouw. Hierbij is inzicht in het behoeft patroon gedurende het jaar en per etmaal, de benodigde capaciteit en de leveringszekerheid van belang.

Literatuur en websites

- Brief van de Staatssecretaris van Economische Zaken de heer Martijn van Dam aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende Evaluatie CO₂-sturing in de glastuinbouw, dd. 6 juli 2017.
- Buurma, J.S. en P.X. Smit, *Voersporen van IRE-schermen. Wegwijzer naar een versnelde praktijkintroduktie van Het Nieuwe Telen*. Rapport 2014-022. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2014.
- Buurma, J.S., P.J. Beers en P.X. Smit, *Sociale dynamiek in Het Nieuwe Telen; Aanknopingspunten voor opschaling naar 2000 ha in 2020*. Rapport 2015-051. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2015.
- Geelen, P.A.M., J.O. Voogt en P.A. van Weel, *De basisprincipes van Het Nieuwe Telen*, LTO Glaskracht Nederland, Bleiswijk, 2015.
- Gelder, A. de, M. Warmenhoven, A. Dieleman, P. Klapwijk en P. van Baar Voogt, *CO₂ niet meer dan genoeg; Teelt van Tomaat in 2012 bij Improvement Centre met lichtafhankelijk doseren van CO₂*. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, 2014.
- Meerjarenafspraak Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020*, Den Haag, 2014.
- Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, *CO₂ in de glastuinbouw*, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Aalsmeer/Naaldwijk, 1999.
- Sluis, B.J. van der, A.A. Rijdsijk, G.P.A. van Holsteijn en N.J.A. van der Velden, *Het gebruik van energieschermen bij tomaat*. LEI-DLO, Publicatie 4.138, 1995.
- Smit, P, *OCAP-CO₂ en verduurzaming van energiegebruik van glastuinbouwbedrijven*. LEI-Rapport 2011-083. LEI WageningenUR, Wageningen, 2011.
- Velden, N.J.A. van der en P. Smit, *Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op de CO₂-emissie van de Nederlandse glastuinbouw*. Rapport 2017-060. Wageningen Economic Research, Wageningen, 2017.
- Velden, N.J.A. van der, P.X. Smit en J.S. Buurma, *Prognose CO₂-emissie glastuinbouw 2030*. Rapport 2018-0562. Wageningen Economic Research, Wageningen, 2018.
- Velden, N.J.A. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2017*. Rapport 2018-099. Wageningen Economic Research, Wageningen, 2018.
- Velden, N.J.A. van der en P.X. Smit, *Protocol Energiemonitor Glastuinbouw; Versie tot en met 20176*. Nota 2018- 109b. Wageningen Economic Research, Wageningen, 2018.

www.kasalsenergiebron.nl

Bijlage 1 Indeling en areaal gewasgroepen in 2017

Gewas(groep)	Areaal (ha)
Tomaat	1.739
Paprika	1.319
Komkommer	580
Aubergine	103
Aardbei onder glas	325
Aardbei in plastic tunnels	70
Overige groenten	354
Fruit onder glas	95
Uitgangsmateriaal groente	501
Roos	228
Chrysanth	334
Gerbera	167
Lelie	136
Freesia	66
Anjer	11
Alstroemeria	39
Anthurium	46
Lysianthus	33
Orchidee	131
Amaryllisbollen	22
Overige snijbloemen	501
Overige bloemkwekerij	101
Uitgangsmateriaal sierteelt	149
Bloeiende potplanten	950
Bladpotplanten	367
Perkplanten	312
Boomkwekerij en vaste planten	401
Totaal groente en fruit	4.585
Totaal bloemen	1.815
Totaal planten	2.030
Totaal uitgangsmateriaal	650
Totaal glastuinbouw	9.080

Bron: LBT.

Bijlage 2 Geraadpleegde bedrijven en organisaties met ervaringsdeskundigen

Bedrijf/Organisatie	Expertise
Afzetorganisaties	Opbrengstprijzen glastuinbouwproducten
Glastuinbouw Nederland, Kas als Energiebron	Externe CO ₂
Glastuinbouw Nederland, Kas als Energiebron	Externe warmte- en CO ₂ -projecten
Glastuinbouw Nederland, Kas als Energiebron	Energie- en CO ₂ -besparing
Ministerie van LNV, Kas als Energiebron	Kas als Energiebron; energie- en CO ₂ -besparing
Hoogendoorn	Kasklimaat/energie- en CO ₂ -besparing
WUR glastuinbouw	Kasklimaat/energie- en CO ₂ -besparing
Ludvig Svensson	Energieschermen
Enova	Energie- en CO ₂ -inkoop en besparing
Installateurs	CO ₂ -capaciteit
Ondernemersgroep OCAP	CO ₂ -dosering gewas specifiek
Diverse glastuinbouwadviseurs	CO ₂ -dosering gewas specifiek
Diverse glastuinbouwondernemers	CO ₂ -dosering gewas specifiek

Bijlage 3 Beschikbare data per bedrijf klantanalyse

- Inkoop CO₂ (kg/m²)
- Capaciteit CO₂-levering (kg/ha.uur)
- Gebruik wkk (ja/nee)
- Gebruik rookgasreiniger in combinatie met wkk (ja/nee)
- Gewas(groep)
- Inkoop restwarmte (GJ/m²)
- Gebruik duurzame warmte (GJ/m²)

Bijlage 4 Keuze regio's

In deze bijlage is de regionale indeling van Nederland voor de prognose van de CO₂-behoefte uiteengezet. Het betreft 6 regio's.

A. Zuid-Holland het zuidelijke deel van Noord-Holland tot Noorzeekanaal

Alle gemeentes in de provincie Zuid-Holland en Noord-Holland, ten zuiden van het Noordzeekanaal. De gemeentes Amsterdam en Velsen liggen deels boven dit kanaal en tellen mee in regio A.

B. Noord-Holland noord; boven Noordzeekanaal

Alle gemeentes in de provincie Noord-Holland, boven het Noordzeekanaal. De gemeentes Amsterdam en Velsen liggen deels boven dit kanaal en tellen niet mee in regio B.

C. Nederland Zuidwest; west Noord-Brabant en Zeeland

Alle gemeentes in de provincie Zeeland en Noord-Brabant ten westen van Eindhoven.

D. Nederland Zuidoost; oostelijk Noord-Brabant en Limburg

Alle gemeentes in de provincie Limburg en in Noord-Brabant ten oosten, noorden en zuiden van en inclusief Eindhoven.

E. Nederland Noordoost; Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel en Flevoland

Alle gemeentes in de provincies Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel, Flevoland

F. Nederland midden; Utrecht en Gelderland

Alle gemeentes in de provincies Utrecht en Gelderland

Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.nl/economic-research

Wageningen Economic Research
RAPPORT
2019-074

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, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten 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.



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



Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
E communications.ssg@wur.nl
T +31 (0)70 335 83 30
www.wur.nl/economic-research

Rapport 2019-074
ISBN 978-94-6395-009-1

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, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten 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.

