



Adviesgroep AVIV BV
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Risicoanalyse / Risico analyse CO2- afvang, op- en overslag te Alkmaar

Project 204268
Datum 28 juni 2021

Risicoanalyse / Risico analyse CO2-afvang, op- en overslag te Alkmaar

Project	204268
Datum	28 juni 2021
Auteur(s)	ing. A.M. op den Dries
Review	ir. J. Heitink
Versie nr.	1.2

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.

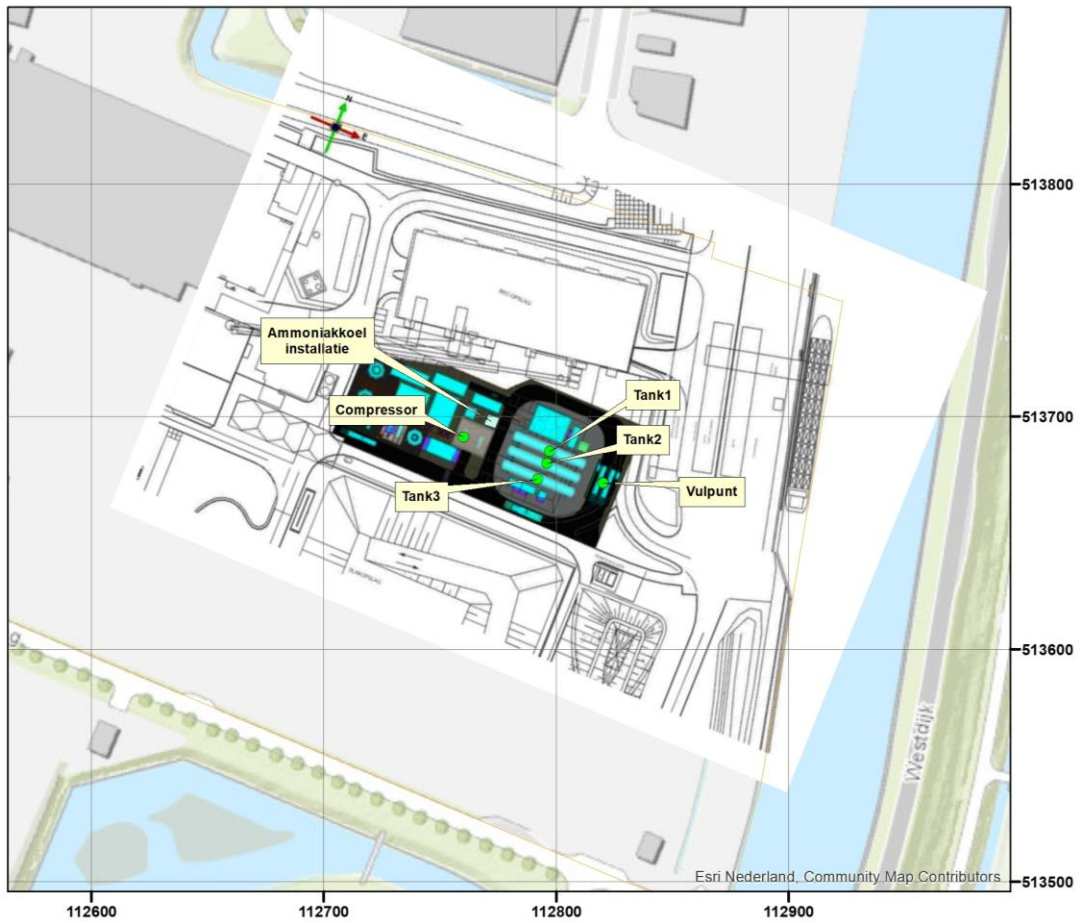
2 Beschrijving van de inrichting

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).

Tabel 2 toont de ongevalsscenario's uitgewerkt per opslagtank.

Faalwijze	Frequentie	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr	534 ton	Maximale inhoud
Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr	890 kg/s	Maximale inhoud, duur 600 s
Continu 10 mm	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /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	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
Continu grootste aansluiting	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
Losslang breuk	$4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur
Losslang lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /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 veiligheidsbeheersysteem 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 $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	0.75 (tijdsfractie aanwezig) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Breuk losslang noodstop Ok	3287.25 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.9 (kans noodstop succesvol)
Breuk losslang noodstop niet Ok terugslagklep Ok	3287.25 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.1 (kans noodstop niet succesvol) x 0.94 (kans terugslagklep succesvol)
Breuk losslang noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	3287.25 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.1 (kans noodstop niet succesvol) x 0.06 (kans terugslagklep niet succesvol)
Lekkage losslang	3287.25 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie lekkage per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$7.5 \cdot 10^{-6}$	30 ton	Maximale inhoud
Continu grootste aansluiting	$3.8 \cdot 10^{-7}$	41.2 kg/s	Vloeistof 2 inch gat, duur 728 s
Breuk losslang noodstop Ok	$1.2 \cdot 10^{-2}$	16.7 kg/s	Duur 120 s, pompdruk keer 1.5
Breuk losslang noodstop niet Ok terugslagklep Ok	$1.2 \cdot 10^{-3}$	16.7 kg/s	Duur 1800 s, pompdruk keer 1.5
Breuk losslang noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	$7.9 \cdot 10^{-5}$	57.9 kg/s	Duur 1800 s, pompdruk keer 1.5 en terugstroming uit de tankauto 41.2 kg/s
Lekkage losslang	$1.3 \cdot 10^{-1}$	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 werkteemperatuur 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 $< \text{DN } 80$. 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.

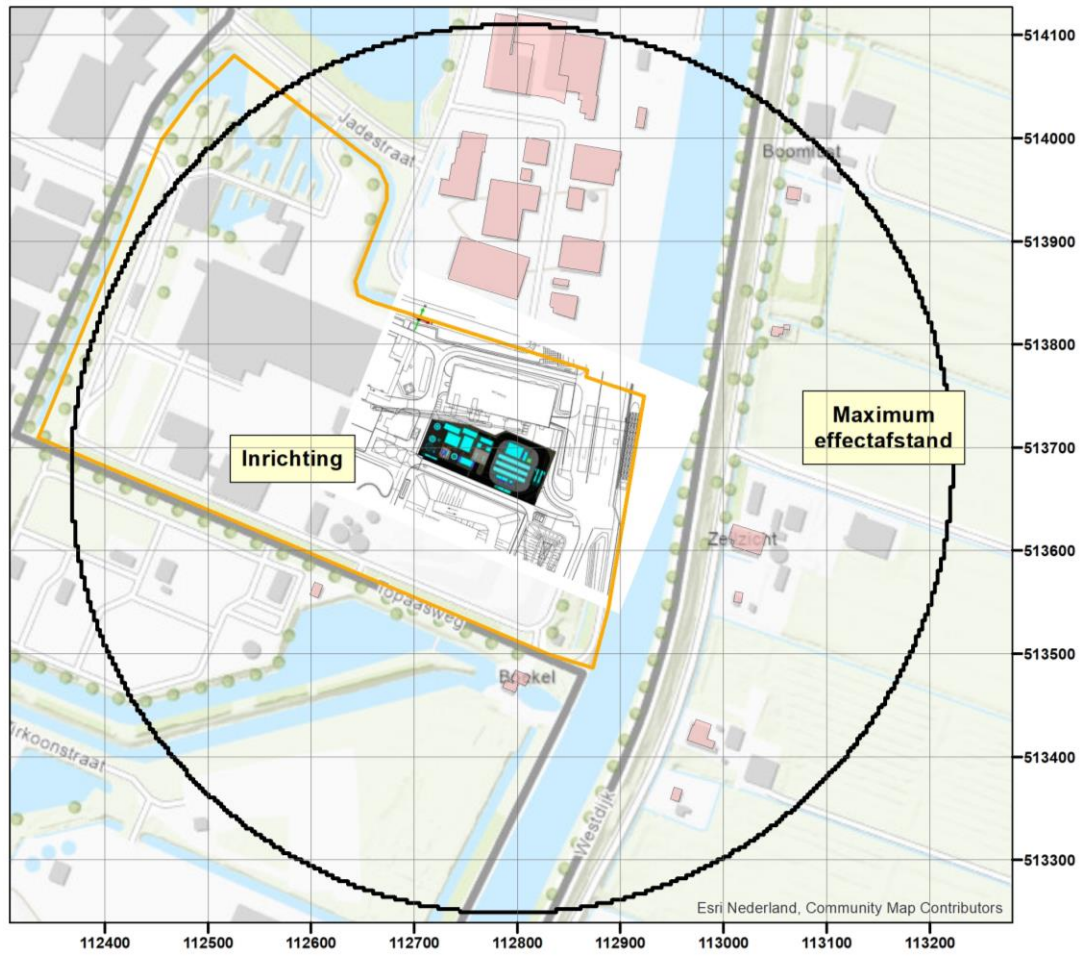
Blootstelling aan CO₂ kan gevolgen hebben voor de gezondheid. De gevolgen zijn afhankelijk van de concentratie en de tijd van blootstelling en blootstelling kan leiden tot verschijnselen als hoofdpijn, bewusteloosheid tot en met overlijden. In een QRA worden alleen letale effecten beschouwd, andere gevolgen 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

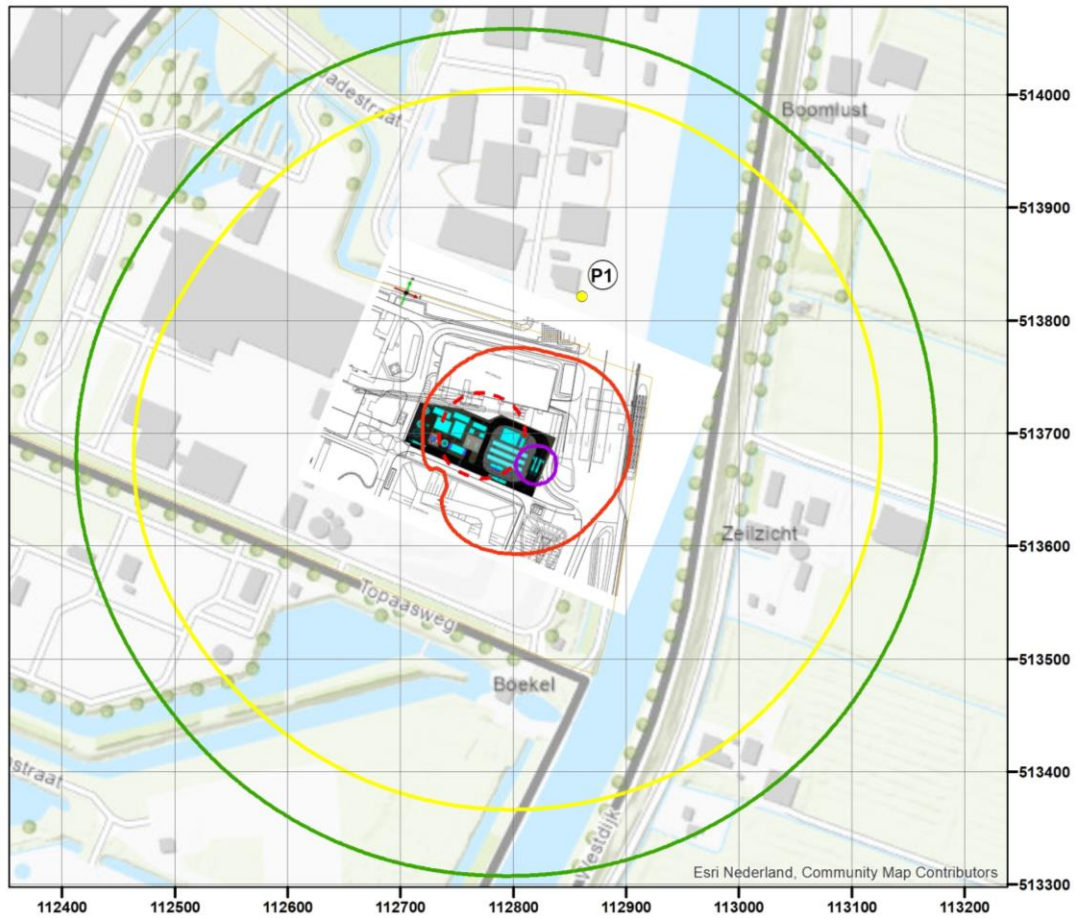
Het plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een inrichting bevindt, overlijdt door een ongeval met gevaarlijke stoffen. Plaatsen met een gelijk risico worden door risicocontouren op een kaart weergegeven. Het 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	33.1
Tank2\Instantaan	32.4
Tank3\Instantaan	31.4
Tank1\Continu10min	1.1
Tank2\Continu10min	1.0
Tank3\Continu10min	0.8

Tabel 5. Relatieve bijdrage scenario's plaatsgebonden risico punt P1



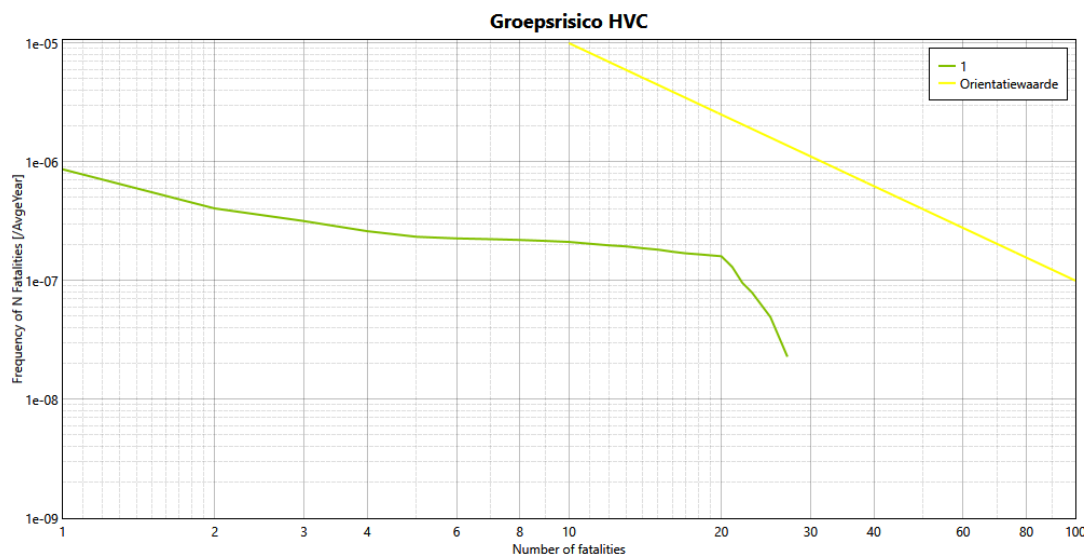
Figuur 3. Plaatsgebonden risicocontouren



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 27. 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	405	407
	Continu 10 min	229	211
	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 2021 Handleiding risicoberekeningen Bevi (Versie 4.3 gedateerd 1 januari 2021)
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