

RAPPORT

Risicoanalyse CO2-afvang, op- en overslag

Klant: SITA ReEnergy Roosendaal B.V.

Referentie: BH4582IBRP003F03

Status: 03/Definitief

Datum: 17 mei 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
reception.nij-jo@nl.rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Risicoanalyse CO2-afvang, op- en overslag

Ondertitel: Risicoanalyse SRE CO2-afvang, op- en overslag
Referentie: BH4582IBRP003F03
Status: 03/Definitief
Datum: 17 mei 2021
Projectnaam: SRE CO2-afvang, op- en overslag
Projectnummer: BH4582
Auteur(s): Hidde Froeling

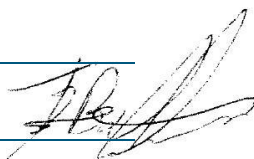
Opgesteld door: Hidde Froeling

Gecontroleerd door: 18-01-21: Bianca Verlaat
29-04-21: Annemarie Vermeer

Datum: 17 mei 2021

Goedgekeurd door: Thomas Beffers

Datum: 17 mei 2021



Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden vervaelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Introductie bedrijf	1
1.2	Aanleiding risicoanalyse	1
1.3	Rapportgegevens	1
2	Wettelijk en beleidsmatig kader	2
2.1	Wat is een risicoanalyse?	2
2.2	Landelijk toetsingskader	2
2.2.1	Besluit externe veiligheid inrichtingen	2
2.2.2	Plaatsgebonden risico	2
2.2.3	Groepsrisico	3
2.3	Locatie-specifieke toetsingskader	4
3	Selectie relevante insluitsystemen	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Bulkopslag en installaties	5
3.2.1	Selectiemethodiek	5
3.2.2	Uitvoering subselectie	6
3.3	Bulkoverslag	11
3.3.1	Selectiemethodiek	11
3.3.2	Uitvoering subselectie	11
3.4	Opslagvoorzieningen voor verpakte gevaarlijke stoffen	12
3.5	Relevante insluitsystemen voor externe veiligheid	13
4	Faalscenario's	14
4.1	Inleiding	14
4.2	Opslagtanks	14
4.2.1	Initiële faalkansen	14
4.2.2	Bronsterkte	14
4.2.3	Repressieve maatregelen	14
4.2.4	Uitwerking faalscenario's	15
4.3	Tankauto's	15
4.3.1	Initiële faalkans	16
4.3.2	Bronsterkte	16
4.3.3	Repressieve maatregelen	16
4.3.4	Uitwerking faalscenario's	17
5	Uitgangspunten risicomodellering	19
5.1	Risicomodel	19
5.2	Stofgegevens	19

5.3	Ontstekingskansen	19
5.4	Ruwheidslengte	20
5.5	Weerscondities	20
5.6	Populatie in de omgeving	20
6	Resultaten	21
6.1	Plaatsgebonden risico	21
6.1.1	Plaatsgebonden risicocontouren	21
6.1.2	Bijdrage aan het plaatsgebonden risico	22
6.2	Groepsrisico	22
6.3	Effectafstanden	23
7	Conclusies	24
8	Referenties	25

Bijlagen

1. SMEZ rapport

1 Inleiding

1.1 Introductie bedrijf

SITA ReEnergy Roosendaal B.V. (Handelsnaam SUEZ ReEnergy, verder aangeduid met SRE) wekt energie op uit restafval en onderzoekt ook mogelijkheden om reststoffen steeds meer te benutten richting een circulaire economie. Door middel van een CO₂ afvanginstallatie is het broeikasgas CO₂ dermate zuiver te scheiden van de rookgassen dat het geschikt is als grondstof voor afnemers. SRE is voornemens om vanaf 2023 op de locatie in Roosendaal CO₂ af te vangen en te leveren aan glastuinbouw middels ondergrondse leidingen, en in vloeibare vorm over de weg te transporteren naar afnemers of CCS locaties. Voor dit voornemen wordt vergunning aangevraagd in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). Onderdeel van de aanvraag is een Milieueffectrapport (MER).

1.2 Aanleiding risicoanalyse

De afvang en opslag van CO₂ valt niet onder het Besluit externe veiligheid inrichting (Bevi) en het Besluit risico's zware ongevallen 2015 (Brzo 2015) [3]. CO₂ is namelijk een gas dat niet toxisch noch brandbaar is. Echter, er is wel sprake van een zuurstofverdringend effect wanneer het in grote hoeveelheden vrijkomt. Hoewel CO₂ kan worden gekwalificeerd als gevaarlijke stof, leidt de afvang en opslag van CO₂ op zich dus niet tot aanwijzing in het kader van de Bevi / Brzo 2015.

Voor het vloeibaar maken van CO₂ wordt gebruik gemaakt van een ammoniakkoelinstallatie met een inhoud van 5.140 kg. Omdat de inhoud van deze installatie groter is dan 1.500 kg ammoniak, is op grond van artikel 2 lid g het Bevi van toepassing. Er is sprake van een zogenaamde categoriale inrichting waarop de regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) paragraaf 2 van toepassing is. Hiervoor gelden afstandseisen vermeld in de Revi, artikel 2, artikel 9 en Bijlage 1.

Om bij de afvang en opslag van CO₂ zo zorgvuldig mogelijk te handelen, wordt in het MER en de aanvraag omgevingsvergunning aandacht besteed aan de externe veiligheidsrisico's door het uitvoeren van een risicoanalyse. Voor zover relevant wordt het gehele CO₂-afvang proces vanaf rookgaskanaal naar de CO₂-installatie tot en met de afvoer van vloeibare afgevangen CO₂ met tankauto's en/of de afvoer van gasvormig afgevangen CO₂ met de pijpleiding richting tuinders meegenomen. Voor de (tijdelijke) opslag van vloeibare CO₂ zijn drie tanks voorzien.

De externe verbindingsleiding valt onder het regime van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). De externe veiligheidsrisico's van de externe verbindingsleiding vormt dan ook geen onderdeel van deze risicoanalyse welke is opgesteld conform het Bevi.

1.3 Rapportgegevens

In onderstaande opsomming zijn de algemene rapportgegevens opgenomen:

Naam van de inrichting:	SITA ReEnergy Roosendaal B.V.
Adres van de inrichting:	Potendreef 2, Roosendaal
Reden opstellen risicoanalyse:	Milieueffectrapport (MER) en Aanvraag omgevingsvergunning (Wabo)
Gevolgd methodiek:	Safeti-NL (DNV, versie 8.3) in combinatie met de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (VROM, versie 4.2, d.d. 1 april 2020). Opgemerkt wordt dat de toxiciteit bij inhalatie van CO ₂ niet eenduidig is vastgelegd. Gerekend is met het door RIVM verstrekte CO ₂ -stoffenbestand met daarin de meest recente toxiciteitswaarden.
Peildatum risicoanalyse:	3 mei 2021

2 Wettelijk en beleidsmatig kader

2.1 Wat is een risicoanalyse?

Een QRA maakt de externe veiligheidsrisico's inzichtelijk. Bij het inzichtelijk maken van externe veiligheidsrisico's wordt een tweetal begrippen gehanteerd, het 'plaatsgebonden risico' en het 'groepsrisico':

- Het plaatsgebonden risico (PR) geeft de kans aan dat iemand die onafgebroken en onbeschermd op een bepaalde plaats verblijft, ten gevolge van enig ongewoon voorval bij een bepaalde activiteit om het leven komt;
- Het groepsrisico (GR) geeft de kans weer dat een bepaalde groep mensen door de effecten van een activiteit dodelijk wordt getroffen. Het groepsrisico wordt grafisch weergegeven als zogenaamde FN-curve, waarbij de kans (F) wordt uitgezet tegen het mogelijke aantal doden (N) en is afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in de omgeving van de inrichting.

Bij risicoberekeningen in een QRA worden de risico's van de verschillende scenario's gesommeerd tot een totaal PR en GR. Het PR is onafhankelijk van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen; het GR houdt wel rekening met aanwezigheid van personen in de omgeving van de inrichting.

2.2 Landelijk toetsingskader

2.2.1 Besluit externe veiligheid inrichtingen

De wetgeving externe veiligheid ten aanzien van inrichtingen is verankerd in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) [1]. Hierin zijn wettelijke grens- en richtwaarden opgenomen voor het PR en een zogenaamde oriëntatiewaarde voor het GR, gecombineerd met een verantwoordingsplicht. De grens- en richtwaarden van het Bevi moeten worden toegepast bij besluitvorming in het kader van MER-procedures, Wabo-vergunningverlening en ruimtelijke ordening.

2.2.2 Plaatsgebonden risico

Het Bevi kent een wettelijke grenswaarde voor kwetsbare objecten (10^{-6} per jaar¹) en een wettelijke richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten (10^{-6} per jaar).

- De grenswaarde voor kwetsbare objecten (PR 10^{-6} contour) dient te worden beschouwd als een harde norm waaraan te allen tijde dient te worden voldaan;
- De richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten (PR 10^{-6} contour) moet zoveel mogelijk zijn bereikt op het tijdstip dat in de algemene maatregel van bestuur is aangegeven en het bereikte niveau moet vervolgens zoveel mogelijk in stand worden gehouden. Van de richtwaarde mag het bevoegd gezag slechts afwijken indien gewichtige redenen daartoe aanleiding geven. Die redenen moeten in de motivering van het besluit worden aangegeven. Er is bewust van afgezien om in dit besluit een nadere invulling van het begrip gewichtige reden te geven. Afwijking van een richtwaarde is primair een verantwoordelijkheid van het lokale bevoegd gezag.

Dit betekent dat zich geen kwetsbare objecten mogen bevinden binnen de PR 10^{-6} contour en dat zich binnen deze contour in principe geen beperkt kwetsbare objecten mogen bevinden.

¹ de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt, overlijdt als direct gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen bij een risicovolle activiteit.

In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de termen kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten, zoals deze in het Bevi zijn gedefinieerd.

Tabel 2.1: Definities beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten, conform Bevi

Beperkt kwetsbaar object	
a	Verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen per hectare; Dienst- en bedrijfswoningen van derden.
b	Kantoorgebouwen, voor zover zij niet onder kwetsbaar object (onderdeel c) vallen.
c	Hotels en restaurants, voor zover zij niet onder kwetsbaar object (onderdeel c) vallen.
d	Winkels, voor zover zij niet onder kwetsbaar object (onderdeel c) vallen.
e	Sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen.
f	Kampeerterreinen en andere kavels bestemd voor recreatieve doeleinden, voor zover zij niet onder kwetsbaar object (onderdeel d) vallen.
g	Bedrijfsgebouwen, voor zover zij niet onder kwetsbaar object (onderdeel c) vallen.
h	Objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voor zover die objecten geen kwetsbare objecten zijn.
i	Objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voor zover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval.
Kwetsbaar object	
a	Woningen, woonschepen en woonwagens niet zijnde woningen als bedoeld in beperkt kwetsbaar object (onderdeel a).
b	Gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals: ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen; scholen; gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen.
c	Gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, zoals: kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1.500 m ² per object; complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1.000 m ² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2.000 m ² per winkel, voor zover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd.
d	Kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen.

2.2.3 Groepsrisico

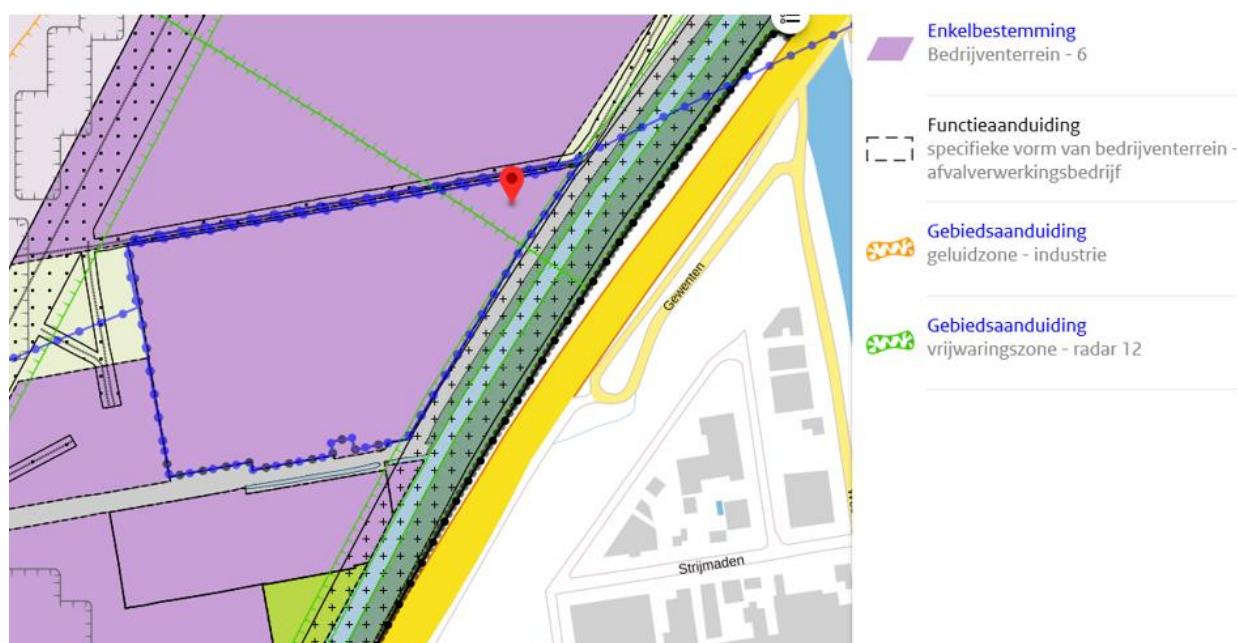
Het GR geeft de kans aan dat tenminste een bepaald aantal mensen door enig ongewoon voorval bij een bepaalde activiteit dodelijk wordt getroffen. Het GR wordt grafisch weergegeven als zogenaamde FN-curve, waarmee de kans (F) wordt uitgezet tegen het mogelijk aantal doden (N) en is afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in de omgeving van de inrichting.

In het Bevi [3] is de buitenwettelijke oriëntatiewaarde opgenomen dat een incident met 10 of meer doden slechts met een kans van één op de honderdduizend per jaar mag voorkomen (10^{-5}), terwijl een ongeval met 100 of meer doden slechts met een kans van één op de tien miljoen jaar (10^{-7}) mag voorkomen.

De buitenwettelijk vastgestelde waarde voor het GR is dus een oriëntatiewaarde en dient als een ijkpunt bij de wettelijke verantwoordingsplicht groepsrisico. Hierbij maakt het bevoegd gezag een afweging met betrekking tot de aanvaardbaarheid van de risico's. Bij deze afweging worden behalve de hoogte van het groepsrisico, ook de zelfredzaamheid van de aanwezige personen in de nabije omgeving, de bestrijdbaarheid van een incident, mogelijk te treffen (aanvullende) bron- en overige maatregelen en mogelijke alternatieven betrokken.

2.3 Locatie-specifieke toetsingskader

SRE bevindt zich binnen het op 2 november 2016 vastgestelde bestemmingsplan 'Buitengebied Roosendaal Nispen'. Het terrein van SRE heeft als enkelbestemming "Bedrijventerrein -6" en als functieaanduiding "afvalverwerkingsbedrijf, zie Figuur 2-1.



Figuur 2-1: Bestemming en functieaanduiding terrein SRE (bron: www.ruimtelijkeplannen.nl) [6]

3 Selectie relevante insluitsystemen

3.1 Algemeen

De Handleiding Risicoberekeningen Bevi (HRB) [5] schrijft de zogenaamde (sub)selectiemethodiek voor om te komen tot een selectie van risicoanalyse-relevante insluitsystemen. Alleen deze geselecteerde systemen hoeven vervolgens in de risicoanalyse te worden meegenomen. In dit hoofdstuk wordt deze selectie doorlopen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in 'bulkopslag en installaties' (paragraaf 3.2), 'bulkoverslag' (paragraaf 3.3) en 'opslagvoorzieningen voor verpakte gevaarlijke stoffen' (zie paragraaf 3.4). Hiervoor gelden namelijk verschillende selectiemethodieken. Op basis van de bovenstaande paragrafen geeft paragraaf 3.5 een overzicht van de relevante insluitsystemen weer.

3.2 Bulkopslag en installaties

Bij SRE vindt, ten behoeve van het gehele CO₂-afvang proces vanaf rookgaskanaal naar de CO₂-installatie tot en met de afvoer van vloeibare afgevangen CO₂ met een externe pijpleiding en tankauto's, opslag in bulk tanks plaats. Deze bulkopslag wordt in de subselectie van de risicoanalyse betrokken. Tevens zijn procesinstallaties aanwezig binnen de inrichting. Deze procesinstallaties worden dan ook betrokken in deze subselectie.

3.2.1 Selectiemethodiek

Om na te gaan welke insluitsystemen een potentieel gevaar opleveren voor de mens buiten de inrichting is door de overheid een subselectiesysteem voorgesteld. In onderhavig onderzoek is hiervoor de "effectroute" gevolgd, zoals beschreven in de HRB (zie tevens de linker kolom in Figuur 3-1). Deze methodiek voor de subselectie is op te delen in de volgende stappen:

Stap 1: Opsplitsen van de inrichting in onderdelen met gevaarlijke stoffen:

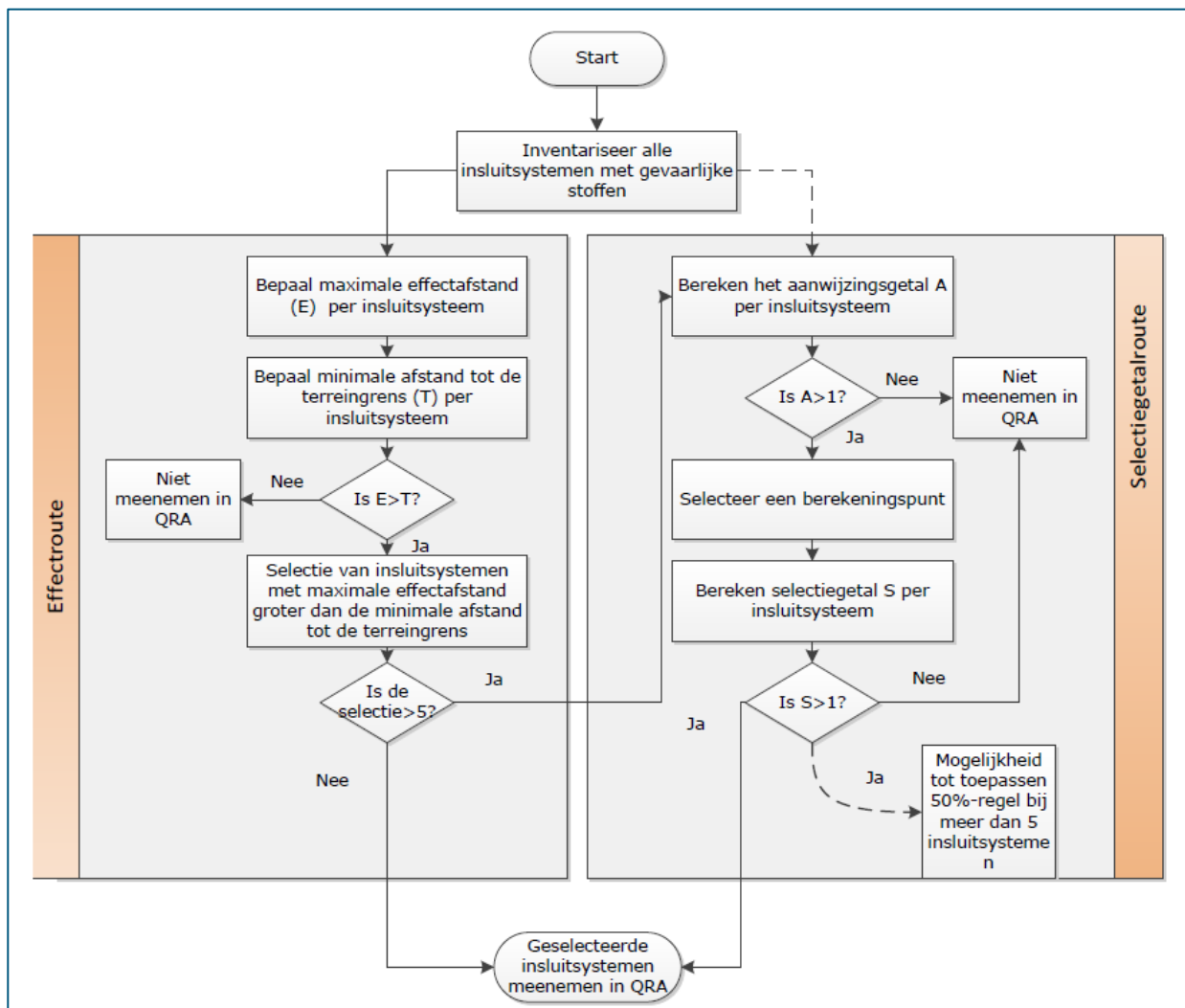
- a. Relevante risicoanalyse-stoffen
- b. Relevante insluitsystemen

Stap 2: Berekenen van de maximale effectafstand (E) per insluitsysteem.

Stap 3: Bepaling van de minimale afstand tot de terreingrens (T) per insluitsysteem.

Stap 4: Toetsing of de berekende effectafstand groter is dan de minimale afstand tot de terreingrens ($E > T$).

Stap 5: Toetsing of de selectie uit voorgaande stappen meer dan vijf insluitsystemen oplevert. Indien dit het geval is, kan verder gegaan worden met de "selectiegetalroute". Indien minder dan vijf insluitsystemen zijn geselecteerd, worden deze betrokken in de risicoanalyse.



Figuur 3-1: Schematische weergave van de subselectie (HRB)

3.2.2 Uitvoering subselectie

Om tot de relevante insluitsystemen te komen is eerst vastgesteld bij welke onderdelen van de inrichting conform de HRB gevaarlijke stoffen aanwezig zijn. Hierbij wordt eerst een selectie gemaakt van stoffen die relevant zijn voor de risicoanalyse, waarna een inventarisatie plaatsvindt van insluitsystemen waarin zich de relevante gevaarlijke stoffen bevinden.

Inventariseren van insluitsystemen met gevaarlijke stoffen (stap 1)

In onderstaande tabel is de maximale op- en overslag van de grond- en hulpstoffen (bulk) weergegeven, waarbij enkel het scenario met Load Increase als *worst case* benadering is beschouwd. De stoffen NaOH en HCl worden gebruikt voor het reguleren van de pH, monoethanolamine (MEA) dient voor het afvangen van CO₂ en NH₃ is nodig als koelmiddel.

Tabel 3.1: Maximale opslag grond- en hulpstoffen CO₂-afvang, op en overslag

Stof	H-zin	Maximale hoeveelheid in opslagtank/procesinstallatie
CO ₂ ^{A)}	H280, H281, H332, H335	3 * 300 ton
NaOH (20%)	H314	72 m ³
Monoethanolamine (MEA)	H302, H312, H314, H332	6 m ³
MEA-residu	H302, H312, H314, H332	6 m ³
H ₂ SO ₄ (0,1 M)	H314, H335	36 m ³
NH ₃ ^{B)}	H221, H280, H331, H314, H318, H400, H411	5.140 kg

- A) Om de gevolgen van blootstelling aan gevaarlijke stoffen te berekenen wordt gebruik gemaakt van een probitrelatie. De probitrelatie maakt het mogelijk om de letale effecten van een stof te berekenen door gebruik te maken van een drietal stofspecifieke constanten, de blootstellingsduur en concentratie waaraan iemand is blootgesteld. De generieke probitrelatie wordt weergegeven in onderstaande formule.

$$Pr = a + b \times \ln(C^n \times t)$$

Waarin:

Pr=Probitgetal

a, b en n = stofspecifieke constanten

C = concentratie [ppm]

t = [min]

De stofspecifieke constanten worden vastgesteld door de toetsgroep probitrelaties van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieubeheer (RIVM). De probitrelaties die door de toetsingscommissie zijn geaccepteerd krijgen de status voorgesteld, na een consultatieronde wordt de status verhoogd naar interim waarna het ministerie van Infrastructuur en Milieu de probitrelatie uiteindelijk vaststelt op basis van een consequentie analyse. De Toetsingscommissie heeft tot op heden nog geen (interim) probitrelatie voor kooldioxide vastgesteld daar er naar hun inzicht nog essentiële omissies zijn in de daarvoor benodigde kennis en informatie.

Door de HSE (De Britse Health and Safety Executive; www.hse.gov.uk) is een probitrelatie voorgesteld. Deze probit wordt onderbouwd in: de Memo "Carbon dioxide Dangerous Toxic Load (DTL) assessment" [9]. De probitrelatie gebaseerd op het voorstel van de Britse HSE is:

$$Pr = -90,778 + 1,01 \times \ln(C^8 \times t)$$

De probitrelatie van HSE is gebruikt in deze risicoanalyse.

- B) Conform paragraaf 3.4.6.10 "Stoffen die zowel toxisch als ontvlambaar zijn" (HRB, Module B) worden stoffen, zoals ammoniak, met een lage reactiviteit, gemodelleerd als een zuiver toxische stof.

Criteria 'gevaarlijke stoffen'

In de risicoanalyse worden alleen stoffen beschouwd die relevant zijn voor de externe veiligheid. Het gaat om stoffen die ontvlambaar, toxisch via inhalatie of ontplofbaar zijn.

Ontvlambare stoffen

Conform de HRB worden stoffen van klasse 0, 1 en 2 aangemerkt als 'ontvlambaar'. Tevens worden stoffen als 'ontvlambaar' aangemerkt indien de procestemperatuur groter of gelijk is dan het vlampt. Voor de selectie kan ook aangesloten worden bij de selectiemethodiek van het RIVM [7], die uitgevoerd wordt op basis van H-zinnen. Hierin wordt gesteld dat stoffen die ingedeeld zijn met H-zin H220, H221, H224, H225 of H226 als relevant beschouwd moeten worden in de risicoanalyse. Onderstaande tabel toont de koppeling tussen de stofklassen zoals gebruikt in de HRB en de H-zinnen uit CLP.

Tabel 3.2: Koppeling tussen de stofklassen zoals gebruikt in de HRB en de H-zinnen uit CLP.

Klasse conform HRB		Overeenkomstige H-zinnen
Klasse 0	Vloeibare stoffen en preparaten met een vlampunt lager dan 0 °C en een kookpunt (of het begin van een kooktraject) gelijk aan of lager dan 35 °C. Gasvormige stoffen en preparaten die bij normale temperatuur en druk aan de lucht blootgesteld kunnen ontbranden.	H220 (zeer licht ontvlambaar gas) H221 (ontvlambaar gas) H224 (zeer licht ontvlambare vloeistof en damp)
Klasse 1	Vloeibare stoffen en preparaten met een vlampunt beneden 21 °C, die echter niet zeer licht ontvlambaar zijn.	H225 (licht ontvlambare vloeistof en damp)
Klasse 2	Vloeibare stoffen en preparaten met een vlampunt hoger dan of gelijk aan 21 °C en lager dan of gelijk aan 55 °C.	H226 (ontvlambare vloeistof en damp)

Uit Tabel 3.1 in combinatie met Tabel 3.2 blijkt dat bij SRE, ten behoeve van het gehele CO₂-afvang proces vanaf rookgas-leiding naar de CO₂-installatie tot en met de afvoer van vloeibare afgevangen CO₂ met tankauto's en een externe leiding, geen ontvlambare stoffen aanwezig zijn die relevant zijn voor de risicoanalyse.

Acuut toxische stoffen

Conform de HRB worden stoffen als toxisch meegenomen in de risicoanalyse indien de LC₅₀ (rat, inhalatie 1 uur) lager is dan 20.000 mg/m³ (acuut toxisch), met andere woorden indien de stof (zeer) toxisch is bij inademing. Niet voor alle stoffen betrokken bij het gehele CO₂-proces, zijn specifieke LC₅₀-waarde te achterhalen. Voor de selectie van acuut toxische stoffen wordt dan ook aangesloten bij de selectiemethodiek van het RIVM [7], die uitgevoerd wordt op basis van H-zinnen. Hierin wordt gesteld dat stoffen die ingedeeld zijn met H-zin H330 of H331 (enkel: acuut toxisch bij inhalatie) als relevant beschouwd moeten worden in de risicoanalyse.

Uit Tabel 3.1 in combinatie met bovenstaande informatie blijkt dat bij SRE, ten behoeve van het gehele CO₂- proces, CO₂ en NH₃ relevant zijn voor de risicoanalyse.

Ontploffbare stoffen

Conform de HRB worden stoffen als ontplofbaar meegenomen in de risicoanalyse indien de hoeveelheid stof (in kg) met een equivalente hoeveelheid energie meer dan 1000 kg trinitrotolueen (TNT) bedraagt, waarbij de explosie-energie van TNT wordt gesteld op 4600 kJ/kg. Geen van de bij SRE aanwezige stoffen dient conform de HRB als 'ontplofbaar' beschouwd te worden.

Geselecteerde 'gevaarlijke stoffen'

Op basis van voorgaande selectiecriteria zijn CO₂ en NH₃ relevant voor de risicoanalyse.

Berekening en toetsing effectafstanden (stap 2, 3 en 4)

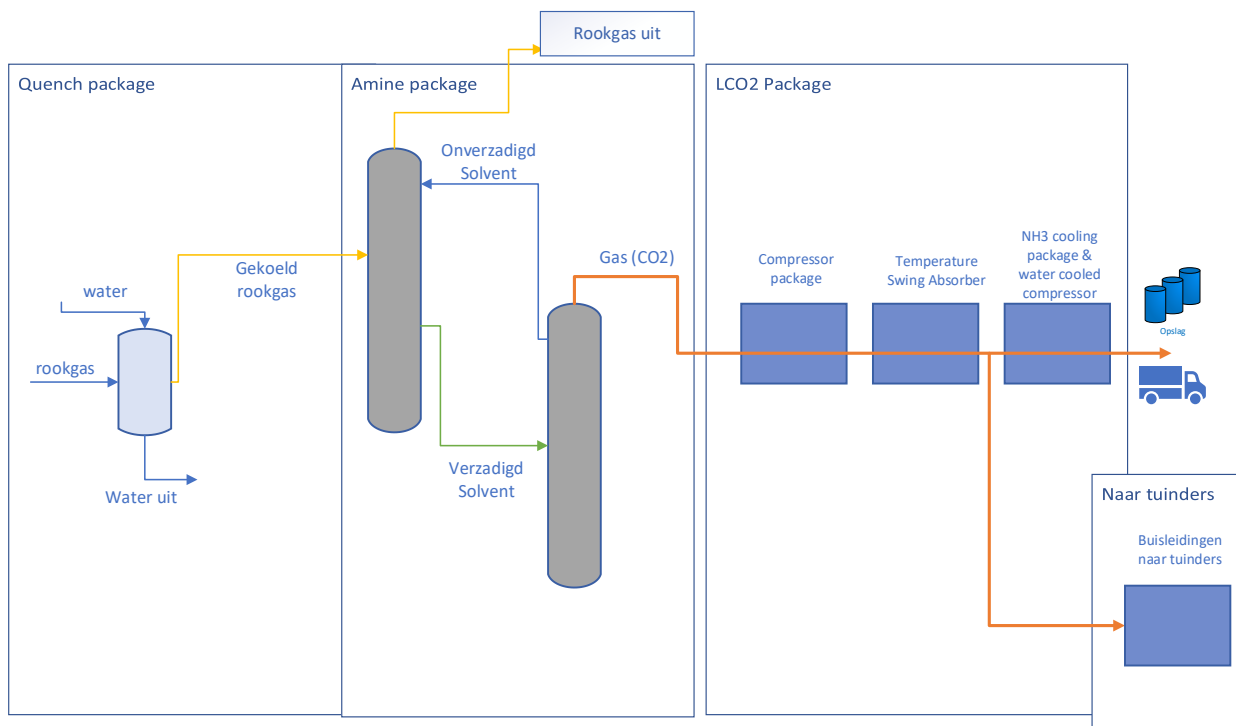
Conform de HRB dient voor ieder insluitsysteem de maximale effectafstand² getoetst te worden aan de afstand tot de terreingrens. Dit voor de insluitsystemen waarin zich één van de geselecteerde gevaarlijke stof bevindt.

² De maximale effectafstand betreft de grootste afstand tot 1% letaliteit. Deze afstand wordt bepaald voor de meteorologische situaties D5 of F1,5 in combinatie met het ongunstigste scenario. De meteorologische situatie D5 betekent stabiliteitsklasse D en windsnelheid 5 m/s. In het algemeen wordt voor toxische stoffen de grootste effectafstand gevonden voor stabiel weer, dat wil zeggen weerklassen F1,5 (stabiliteitsklasse F en windsnelheid 1,5 m/s).

In hoofdlijnen kunnen vijf processtappen worden onderscheiden:

- 1 Quench package;
- 2 Amine package;
- 3 LCO₂ package;
- 4 CO₂ opslag;
- 5 CO₂ afvoer via tankauto en externe leiding

in Figuur 3-2 is het proces schematisch weergegeven.



Figuur 3-2: Schematische procesweergave

De eerste twee stappen worden niet relevant geacht in verband met het relatief gezien de lage druk en lage CO₂-gehalte in de productstromen gedurende deze stappen. Aangezien de productstromen in de 3^e, 4^e en de 5^e stap bijna volledig uit CO₂ bestaan, worden deze relevant geacht voor de risicoanalyse.

Ammoniak

Ammoniak (NH₃) wordt gebruikt in de ammoniakkoelinstallatie in de LCO₂ Package van SRE. De ammoniakkoelinstallatie heeft een inhoud groter dan 1.500 kg (zie Tabel 3.1). Hierdoor is er sprake van een zogenaamde categoriale inrichting waarop de regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) paragraaf 2 van toepassing is. In dat geval gelden de afstandseisen vermeld in de Revi, artikel 2, artikel 9 en Bijlage 1. Welke afstandseisen concreet van toepassing zijn is afhankelijk van hoeveelheid ammoniak, type installatie en opstellingsuitvoering.

Wanneer op basis van de standaard risicoafstanden uit de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) kan worden onderbouwd dat de bijdrage van de ammoniakkoelinstallatie aan het externe risico van de inrichting verwaarloosbaar is, kan de betreffende ammoniakkoelinstallatie worden weggelaten uit de risicoanalyse.

De ammoniakkoelinstallatie bij SRE heeft de volgende eigenschappen:

- de maximale werktemperatuur (i.c. de afscheider- of verdampingstemperatuur) is lager dan -25°C ;
- de inhoud is 3.500 – 6.000 kg ammoniak;
- opstellingsuitvoering 1: Opstelling waarbij alle ammoniakvoerende onderdelen in pandig (machinekamer of productieruimte) zijn opgesteld, eventueel met uitzondering van de condensor met verbindend leidingwerk. Laatstgenoemde onderdelen kunnen buiten zijn opgesteld.

In Tabel 3.3 zijn de relevante afstanden met betrekking tot het plaatsgebonden risico voor de bij SRE aanwezige ammoniakkoelinstallatie weergegeven, zoals in Bijlage 1 als bedoeld in de artikelen 2 en 9 (categoriale inrichtingen) van het Revi zijn opgenomen. De ammoniakkoelinstallatie bij SRE heeft opstellingsuitvoering 1.

Tabel 3.3: Afstanden van ammoniakkoelinstallaties in meters tot al dan niet geprojecteerde kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten, waarbij wordt voldaan aan de grenswaarde 10^{-6} per jaar, onderscheidenlijk de richtwaarde 10^{-6} per jaar (zie de artikelen 2, eerste lid, onderdeel d, en 9, tweede lid, onderdeel c) (uitsnede tabel 6 Bijlage 1 van de Revi)

Max. temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Inhoud (kg)	Opstellings-uitvoering	Afstand (m) vanaf machinekamer bij diameter vloeistofleiding naar verdamper $\leq$ DN50	Afstand (m) vanaf machinekamer bij diameter vloeistofleiding naar verdamper $>$ DN50 en $\leq$ DN 80	Afstand (m) vanaf vloeistofleiding ¹⁾ bij diameter vloeistofleiding naar verdamper $\leq$ DN50	Afstand (m) vanaf vloeistofleiding ¹⁾ bij diameter vloeistofleiding naar verdamper $>$ DN50 en $\leq$ DN 80
< -25	3.500 – 6.000	1	– ²⁾	– ²⁾	– ²⁾	– ²⁾
		2	30	40	25	40
		3	65	65	25	40

- 1) Vloeistofleiding: met de buitenlucht in verbinding staande ammoniakvoerende leidingen naar de verdamper of verdampers. Voor opstellingsuitvoering 1 is de afstand vanaf de condensor en het verbindend leidingwerk die mogelijk buiten zijn opgesteld.
- 2) De aanduiding '–' houdt in dat het plaatsgebonden risico rondom de desbetreffende installatie kleiner is dan 10^{-6} per jaar en dat geen afstand tot al dan niet geprojecteerde kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten in acht genomen behoeft te worden, onderscheidenlijk daarmee geen rekening gehouden behoeft te worden.

In Bijlage 2 van de Revi zijn de Afstanden in meters tot de grens van het invloedsgebied in verband met de verantwoording van het groepsrisico, bedoeld in de artikelen 12, eerste lid, aanhef en onderdeel a, en 13, eerste lid, aanhef en onderdeel a, van het besluit, met betrekking tot categoriale inrichtingen weergegeven. In Tabel 3.4 zijn de relevante afstanden met betrekking tot de grens van het invloedsgebied voor de bij SRE aanwezige ammoniakkoelinstallatie weergegeven. De ammoniakkoelinstallatie bij SRE heeft opstellingsuitvoering 1.

Tabel 3.4: Afstanden in meters tot de grens van het invloedsgebied (uitsnede tabel 3 Bijlage 2 van de Revi)

Max. temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Inhoud (kg)	Opstellings-uitvoering	Afstand (m) tot grens invloedsgebied bij diameter vloeistofleiding naar verdamper $\leq$ DN50	Afstand (m) tot grens invloedsgebied bij diameter vloeistofleiding naar verdamper $>$ DN50 en $\leq$ DN80
< -25	3500 – 6000	1	– ¹⁾	– ¹⁾
		2	– ¹⁾	– ¹⁾
		3	– ¹⁾	– ¹⁾

- 1) De aanduiding '–' houdt in dat de grens van het invloedsgebied in het desbetreffende geval niet relevant is. Het groepsrisico, de mogelijkheden voor rampbestrijding en de mate van zelfredzaamheid van de bevolking behoeven in dat geval niet te worden verantwoord.

Op basis van Tabel 3.3 en Tabel 3.4 kan gesteld worden dat de bijdrage van de ammoniakkoelinstallatie aan het externe risico van SRE verwaarloosbaar is. De ammoniakkoelinstallatie in de LCO₂ Package is dan ook niet verder meegenomen in deze risicoanalyse.

Koolstofdioxide

In Tabel 3.5 zijn de insluitsystemen met CO₂ en de daarbij de berekende maximale effectafstanden weergegeven. Indien deze effectafstand voorbij de terreingrens reikt, is het betreffende insluitsysteem relevant voor de risicoanalyse. Opgemerkt wordt dat, overeenkomstig paragraaf 3.15 'Verlading' van Module C van de HRB, faalscenario's voor de pomp niet apart worden meegenomen. Bij verlading van een opslagreservoir naar een transporteenheid en omgekeerd is het falen van de pomp al opgenomen in de faalfrequentie voor de verlading.

Tabel 3.5: Effectafstanden insluitsystemen met CO₂

Aanduiding insluitsysteem	Uitgangspunten faalscenario	Type effect	Maximale effectafstand	Minimale afstand insluitsysteem tot terreingrens	Effecten buiten de terreingrens
Compressor LCO ₂ package 1,4 bara 40 °C	Voeding naar compressor: 7500 m ³ /uur Leidinglengte: 10 m Faalscenario: Catastrofaal falen	Verstikkende wolk	D, 5 m/s: 4 m F, 1,5 m/s: 4 m	5 m	Nee
Opslagtank 15 bara -30 °C	Inhoud: 300 ton Hoogte tank: 20 m Opvangvoorziening: 69 m ² ^{A)} Faalscenario: 10 minuten uitstroom	Verstikkende wolk	D, 5 m/s: 55 m F, 1,5 m/s: 57 m	25 m	Ja

A) Gehanteerde tankputoppervlakte

Bruto oppervlakte tankput [m ²]	Gehanteerd tankputoppervlak = Bruto oppervlakte tankput – Oppervlakte drie tanks + Oppervlakte grootste tank [m ²]
102 m ²	69 m ² gebaseerd op een diameter van 4,6 m van de drie opslagtanks

Beoordeling resultaat "Effectroute" (stap 5)

Samengevat zijn alleen de opslagtanks geselecteerd om verder mee te nemen in de risicoanalyse.

3.3 Bulkoverslag

3.3.1 Selectiemethodiek

In principe dienen bulkverladings via tankauto's conform de HRB altijd betrokken te worden in de risicoanalyse-berekeningen. Deze activiteiten hoeven niet in de risicoanalyse betrokken te worden indien aangetoond wordt dat de effecten niet buiten de inrichtingsgrens reiken. Voor de selectie welke bulkverladings met gevaarlijke stoffen relevant zijn voor de risicoanalyse, wordt verwezen naar de subselectiemethodiek voor bulkopslag en installaties.

3.3.2 Uitvoering subselectie

Inventariseren van bulkoverslagen met gevaarlijke stoffen

Overeenkomstig de subselectiemethodiek voor bulkopslag en installaties is CO₂ geselecteerd om te beschouwen als 'gevaarlijk' voor de risicoanalyse.

Berekening en toetsing effectafstanden

Bulkoverslag via tankauto's

Voor de verlaadplaats zijn de maximale effectafstanden voor de CO₂-verlading berekend. De resultaten hiervan zijn opgenomen in onderstaande tabel. In deze tabel is tevens aangegeven of deze effecten reiken tot buiten de inrichting. Indien dit het geval is, dient de verlading van CO₂ verder betrokken te worden in de risicoanalyse.

Tabel 3.6: Effectafstanden bulkverladings met CO₂

Stof	Aanduiding insluitsysteem	Uitgangspunten faalscenario	Type effect	Maximale effectafstand	Minimale afstand activiteit tot terreingrens	Effecten buiten de terreingrens
CO ₂	Verladen tankauto	Inhoud: 20 ton Vloeistofhoogte: 3 m Opvangvoorziening: 250 m ² Faalscenario: Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	Verstikkende wolk	D, 5 m/s: 55 m F, 1,5 m/s: 57 m	25 m	Ja

Samenvatting subselectie bulkoverslag

Samengevat zijn de CO₂ bulkverladingsactiviteiten geselecteerd om verder te betrekken in de risicoanalyse.

3.4 Opslagvoorzieningen voor verpakte gevaarlijke stoffen

Bij opslagvoorzieningen met verpakte gevaarlijke stoffen is het voornaamste risico het ontstaan van toxische verbrandingsproducten tijdens een brand in de betreffende opslag. Als deze toxische producten kunnen ontstaan, is de bijdrage van deze opslag (mogelijk) significant voor de externe veiligheidsrisico's.

Om te bepalen welke opslagvoorzieningen geselecteerd moeten worden voor een risicoanalyse, wordt primair getoetst aan de eisen zoals vermeld in de HRB:

- In het brandcompartiment dient 10 ton of meer aan gevaarlijke stoffen opgeslagen te zijn;
- Er dient een brand mogelijk te zijn (in het brandcompartiment dienen stoffen aanwezig te zijn die brandbaar zijn);
- Er moet een toxische stof vrij kunnen komen bij brand. Dat kan op de volgende twee manieren:
 1. Een opgeslagen toxisch product (ADR klasse 6.1 VG I of VG II) wordt deels onverbrand met de rookgassen meegevoerd;
 2. Een opgeslagen product vormt bij brand toxische verbrandingsproducten.
- De rookgassen moeten zich in de omgeving verspreiden. Vooral in het beginstadium van een brand vormen de toxische verbrandingsproducten een gevaar voor de omgeving, omdat er dan (door afkoeling aan de wanden en het dak van de opslagvoorziening) relatief koude verbrandingsgassen vrijkomen die laag bij de grond blijven hangen. Bij een meer ontwikkelde brand worden de verbrandingsgassen niet of nauwelijks meer afgekoeld en verspreiden deze hete gassen zich in verticale richting. Deze zogenaamde pluimstijging zorgt voor een aanzienlijke verdunning van de toxische concentraties op leefniveau. Bij buitenopslagen met een overkapping die verder grotendeels 'open' zijn, waarin de opgeslagen stoffen voornamelijk tegen de regen zijn beschermd, vindt nauwelijks afkoeling van verbrandingsgassen plaats. Deze worden om deze reden in de rekenmethode niet meegenomen. Hetzelfde geldt voor buitenopslagen zonder overkapping.

Op het moment dat voldaan wordt aan alle bovenstaande vier eisen wordt de opslagvoorziening in principe in de risicoanalyse meegenomen.

SRE beschikt, ten behoeve van het gehele CO₂-afvang proces vanaf rookgas-leiding naar de CO₂-installatie tot en met de afvoer van vloeibare afgevangen CO₂ met tankauto's, niet over opslagvoorzieningen voor verpakte gevaarlijke stoffen met daarin een grote hoeveelheid verpakte gevaarlijke stoffen (>10 ton) die bij verbranding toxische verbrandingsproducten kunnen veroorzaken.

Op basis van bovenstaande hiervan wordt geconcludeerd dat er geen opslagvoorzieningen voor verpakte gevaarlijke stoffen betrokken dient te worden in de risicoanalyse.

3.5 Relevante insluitsystemen voor externe veiligheid

Op basis van voorgaande selectie zijn de volgende insluitsystemen geselecteerd om kwantitatief te betrekken in de risicoanalyse:

- Opslagtanks;
- CO₂ tankautoverlading.

4 Faalscenario's

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de relevante scenario's en bijbehorende initiële faalfrequenties voor de geselecteerde insluitsystemen. Deze zijn geselecteerd met behulp van HRB. Ook is per scenario aangegeven wat het uitstroomdebiet c.q. de uitstroomhoeveelheid is. Achtereenvolgens komen de volgende insluitsystemen aan bod:

- Opslagtanks;
- Tankauto's.

4.2 Opslagtanks

In de risicoanalyse zijn de drie opslagtanks betrokken die CO₂ bevatten. In onderstaande tabel zijn de kenmerken van de betrokken opslagtanks weergegeven.

Tabel 4.1: CO₂opslagtanks

Tankput	Tank	Diameter	Hoogte	Operationele tankinhoud ^{A)}	Gehanteerd tankputoppervlak ^{B)}	Temperatuur	Druk
		[m]	[m]	[ton]	[m ²]	[°C]	[bara]
1	1	4,6	20	300	69	-30	15
	2	4,6	20	300		-30	15
	3	4,6	20	300		-30	15

A) Gehanteerde vullingsgraad is 100%

B) Gehanteerd tankputoppervlak = netto oppervlakte tankput + oppervlakte grootste tank

4.2.1 Initiële faalkansen

De opslag van CO₂ vindt plaats in een opslagtank onder druk. In HRB zijn hiervoor drie faalscenario's gedefinieerd. Deze zijn met de initiële faalfrequenties weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Faalscenario's opslagtanks onder druk

Faalscenario	Initiële faalfrequentie [jaar ⁻¹]
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5,0E-07
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten in een continue en constante stroom	5,0E-07
Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1,0E-05

4.2.2 Bronsterkte

Bij het instantaan falen van de opslagtank zal de gehele inhoud instantaan vrijkomen. Overeenkomstig de HRB wordt voor het scenario instantaan falen van een opslagtank voor de uitstroomhoogte de helft van de vloeistofkolom gehanteerd. Bij het vrijkomen van de gehele inhoud van de opslagtank in 10 minuten wordt de bronsterkte berekend aan de hand van de inhoud van de opslagtank. Voor het continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm wordt de bronsterkte berekend door Safeti-NL.

4.2.3 Repressieve maatregelen

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 atmosferische opslagtank' een verspreidingsoppervlakte van $1\frac{1}{2}$ x de netto tankputoppervlakte gehanteerd. Hierbij wordt de netto tankputoppervlakte gecorrigeerd met de oppervlakte van de grootste (qua grondoppervlakte) opslagtank die in de risicoanalyse betrokken is.

4.2.4 Uitwerking faalscenario's

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de gemodelleerde faalscenario's voor de opslagtanks.

Tabel 4.3: Gemodelleerde faalscenario's CO₂-opslagtanks

Nr.	Scenario	Initiële faalkans	Aantal tanks	Faalkans	Bronsterkte		Uitstroomduur	Vloeistofniveau	Tankputoppervlakte	Tankput hoogte
					Totaal	Debiet				
		[jaar ⁻¹]	[-]	[jaar ⁻¹]	[ton]	[ton/s]	[sec]	[m]	[m ²]	[m]
1	Instantaan vrijkomen gehele inhoud	5,0E-07	3	1,5E-06	300	-	Instantaan	-	103 (= $1\frac{1}{2} \cdot 69$)	3
2	Vrijkomen gehele inhoud in 10 min	5,0E-07	3	1,5E-06	300	0,5	600	20	69	3
3	Continue vrijkomen gat 10 mm	1,0E-05	3	3,0E-05	Safeti-NL	Safeti-NL	1.800	20	69	3

4.3 Tankauto's

In onderstaande tabel worden de algemene kenmerken van deze tankautoverladingen genoemd.

Tabel 4.4: Kenmerken tankauto's verlading

Kenmerk	Laden CO ₂		Eenheid
Locatie	Nabij CO ₂ -opslagtanks		
Modelstof	CO ₂		[-]
Productie	209.050 ¹⁾		[ton/jaar]
Situatie	Afvoer volledig met tankauto's	Afvoer met tankauto's en via een externe leiding	
Afvoer per tankauto	100%	65%	
Doorzet	209.050	136.631	[ton/jaar]
Gem. hoeveelheid per verlading	20		
Aantal verladingen	10.452	6.832	[aantal/jaar]
Gemiddelde debiet laden	20		
Gemiddelde verladingduur	10.452	6.832	[uur/jaar]
	1,0	1,0	[uur/verlading]
Gemiddelde aanwezigheidsduur	1,5	1,5	[uur/verlading]
	15.679	10.247	[uur/jaar]
Methode	Slangen		[-]

Kenmerk	Laden CO ₂	Eenheid
Diameter losslang/arm	76,2	[mm]
Oppervlakte opvangvoorziening	250	[m ²]
Temperatuur	-30	[°C]
Druk	15	[bara]
Beveiliging	Bij de verlading is een operator dan wel camera toezicht vanuit de controlekamer aanwezig. De verlading kan middels een noodstop worden stopgezet. SRE voldoet aan de voorwaarden conform de HRB voor het meenemen van een noodstopvoorziening. Eveneens is er een opvangvoorziening aanwezig.	

1) In de risicoanalyse is conservatief het scenario met Load Increase Project (LIP) beschouwd. Meer informatie over de verschillende scenario's is te vinden in het MER.

4.3.1 Initiële faalkans

Alle verladingen van CO₂ bij SRE vinden plaats naar cryogene tankauto's met een reservoir onder druk. In de HRB zijn voor tankauto's met een reservoir onder druk twee faalscenario's gedefinieerd. Voor de verlading tussen een transport- en opslageenheid zijn drie faalscenario's gedefinieerd. Deze zijn met de initiële faalfrequentie weergegeven in Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Faalscenario's tankauto- en ketelwagenverlading

Faalscenario	Initiële faalfrequentie		
	Tankauto onder druk	Laad-/losarm	Laad-/losslang
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5,0E-07 per jaar	-	-
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5,0E-07 per jaar	-	-
Breuk van de laad-/losarm of laad-/losslang	-	3,0E-08 per uur	4,0E-06 per uur
Lekkage van de laad-/losarm of laad-/losslang met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter (maximaal 50 mm)		3,0E-07 per uur	4,0E-05 per uur

4.3.2 Bronsterkte

Bij een breuk in de laadslang wordt conform HRB rekening gehouden met het wegvallen van de tegendruk. Daarom wordt als uitstromingsdebiet bij een breuk in de laad-/losarm/-slang 1,5 maal het nominale pompdebiet gehanteerd.

In de risicoanalyse wordt tevens rekening gehouden met het gegeven dat bij breuk van de laadslang, gedurende het laden van een tankauto, tevens terugstroom plaatsvindt vanuit de tankauto.

Bij een lekkage van de laadslang wordt de bronsterkte door Safeti-NL berekend.

4.3.3 Repressieve maatregelen

Bij de verlading is een operator ter plaatse aanwezig die toezicht houdt op het proces dan wel camera toezicht vanuit de controle kamer. In geval van het laden van de tankauto's zorgt de noodstop voor het sluiten van de afsluiters op de verlaadplaats (binnen 120 seconden).

Deze noodstopvoorziening wordt betrokken in de breukscenario's. Voor het laden van een tankauto wordt ervanuit gegaan dat de noodstop de toevoer vanuit de pompzijde (opslagtank) stop zet.

In geval van een lekkage kan niet gegarandeerd worden dat de operator deze lekkage opmerkt en dat de betreffende systemen gesloten zijn. Bij de lekkagescenario's wordt de noodstop dan ook niet betrokken.

Voorwaarden voor het betrekken van een noodstopvoorziening [HRB]:

- a. De ter plaatse aanwezige operator heeft van het begin tot en met het einde van de verlading zicht op de verlading en de laad-/losslang of –arm.
- b. Het ter plaatse aanwezig zijn van de operator is geborgd door een procedure in het veiligheidsbeheerssysteem.
- c. Het inschakelen van de noodstopvoorziening door de aanwezige operator in het geval van een lekkage tijdens de verlading is vastgelegd in een procedure.
- d. De ter plaatse aanwezige operator is voldoende opgeleid en is tevens bekend met de geldende procedures.
- e. De noodstopvoorziening is volgens geldende normen gepositioneerd, zodanig dat er in korte tijd ongeacht de uitstroomrichting een noodknop bediend kan worden.

De verlaadplaatsen beschikken over een opvangvoorziening. Indien onbedoeld een significante hoeveelheid vloeibare afgevangen CO₂, bijvoorbeeld de gehele inhoud van een tankauto, in korte tijd vrijkomt tijdens de verlading, verspreidt deze zich over de verlaadplaats en vormt hier een plas. In de risicoanalyse wordt rekening gehouden met plasvorming ter grootte van de verlaadplaats.

4.3.4 Uitwerking faalscenario's

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de gemodelleerde faalscenario's. Conservatief gerekend wordt voor de situatie dat 100% met tankauto's wordt afgevoerd. De externe leiding wordt namelijk niet meegenomen in de risicoanalyse.

Tabel 4.6: Gemodelleerde faalscenario's CO₂-tankauto's

Nr.	Scenario	Model Stof	Initiële faalkans		Aanwezigheids-/Verladings-duur	Fractie success noodstop	Faalkans	Pompzijde			Terugstromen product uit tankauto			Totaal pompzijde + tankauto	Oppervlak opvang
								Debiet	Uitstroom-duur	Totaal	Debiet	Uitstroom-duur	Totaal		
			[jaar ⁻¹]	[uur ⁻¹]	[uur/jaar]	[aanspraak ⁻¹]	[jaar]	[ton/s]	[s]	[ton]	[ton/s]	[s]	[ton]	[ton]	[m ²]
Stationair															
1	Instantaan vrijkomen gehele inhoud	CO ₂	5,0E-07	-	15.679	-	8,9E-07	-	Instantaan	20	-	-	-	20	375
2	Vrijkomen gehele inhoud uit grootste aansluiting	CO ₂	5,0E-07	-	15.679	-	8,9E-07	Safeti-NL	Safeti-NL	20	-	-	-	20	250
Laden															
3	Breuk laadslang werken noodstop	CO ₂	-	4,0E-06	10.452	0,9	3,8E-02	0,008	120	1,0	0,066 ^{A)}	120	8,0	9,0	250
4	Breuk laadslang falen noodstop	CO ₂	-			0,1	4,2E-03	0,008	1.800	15	0,066 ^{A)}	301	20	35	250
5	Lekkage laadslang	CO ₂	-	4,0E-05	10.452	- ^{B)}	4,2E-01	Safeti-NL	Safeti-NL	Safeti-NL	-	-	-	Safeti-NL	250

A) Voor de terugstroom vanuit de tankauto gedurende het laden berekent SAFETI-NL o.b.v. een tankinhoud van 20 ton, een tankhoogte 3 meter, een leidinglengte van 5 meter en leidingdiameter van 76,2 mm een debiet van 0,066 ton/s;

B) Bij de lekkagescenario's wordt de noodstop niet meegenomen omdat niet kan worden gegarandeerd worden dat de operator deze lekkage opmerkt en dat de betreffende systemen vervolgens worden gesloten.

5 Uitgangspunten risicomodellering

5.1 Risicomodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenpakket Safeti-NL versie 8.3 [4]. Dit is een rekenpakket voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's van inrichtingen en vastgelegd in het Revi [2] voor het opstellen van risicoanalyses in Nederland. Aan de hand van invoergegevens, zoals de hoeveelheid gevaarlijke stof, de procescondities en scenario's, berekent Safeti-NL de externe veiligheidsrisico's.

5.2 Stofgegevens

In paragraaf 3.2.2 is toegelicht dat CO₂ is gehanteerd in deze risicoanalyse. De hiervoor genoemde modelstof is opgevraagd bij RIVM voor Safeti-NL.

5.3 Ontstekingskansen

In geval van het vrijkomen van ontvlambare vloeistoffen is het type effect dat optreedt afhankelijk van het direct of vertraagd ontsteken van de vrijgekomen hoeveelheid ontvlambare vloeistof. De kans dat een bepaald effect optreedt, wordt dus bepaald door de kans op het vrijkomen vermenigvuldigd met de kans op directe dan wel vertraagde ontsteking.

Directe ontsteking

De kans dat een bepaalde hoeveelheid vrijgekomen product direct na het vrijkomen ontstoken wordt, is standaard opgenomen in Safeti-NL. De kans op directe ontsteking is afhankelijk van het type installatie (stationaire installatie of transportmiddel), de stofcategorie en de uitstroomhoeveelheid. Conform de HRB wordt voor de scenario's van de verlading de ontstekingskansen van een stationaire installatie aangehouden.

Vertraagde ontsteking

Brandbare wolken, die worden gevormd door vrijkomen van brandgevaarlijke stoffen, waarbij geen directe ontsteking plaatsvindt, kunnen op afstand vertraagd worden ontstoken. De ontstekingskansen worden bepaald aan de hand van de aanwezigheid van ontstekingsbronnen. Ontsteking van een brandbare wolk in de omgeving kan plaatsvinden door:

- Verkeer;
- Industriële activiteiten;
- Bevolking in de omgeving.

Voor vertraagde ontsteking kunnen in Safeti-NL ontstekingsbronnen en hun ontstekingskansen worden ingevoerd. In de omgeving (het invloedsgebied) kunnen specifieke ontstekingsbronnen aanwezig zijn, die tot een vertraagde ontsteking kunnen leiden, waarvoor een hogere ontstekingskans geldt.

Aangezien bij onderhavige risicoanalyse geen ontvlambare stoffen betrokken zijn, zijn de specifieke ontstekingsbronnen met de bijbehorende ontstekingskansen niet opgenomen in deze risicoanalyse.

5.4 Ruwheidslengte

De hoedanigheid van de omgeving speelt een rol bij het optreden van effecten van een brand en verspreiding van een toxische wolk. Hierbij is het van belang wat voor type bebouwing (hoog- of laagbouw) of natuur er in de omgeving van SRE gelegen is. De ruwheidslengte is berekend met de ruwheidskaart [8]. De ruwheidslengte is berekend op 0.74 meter.

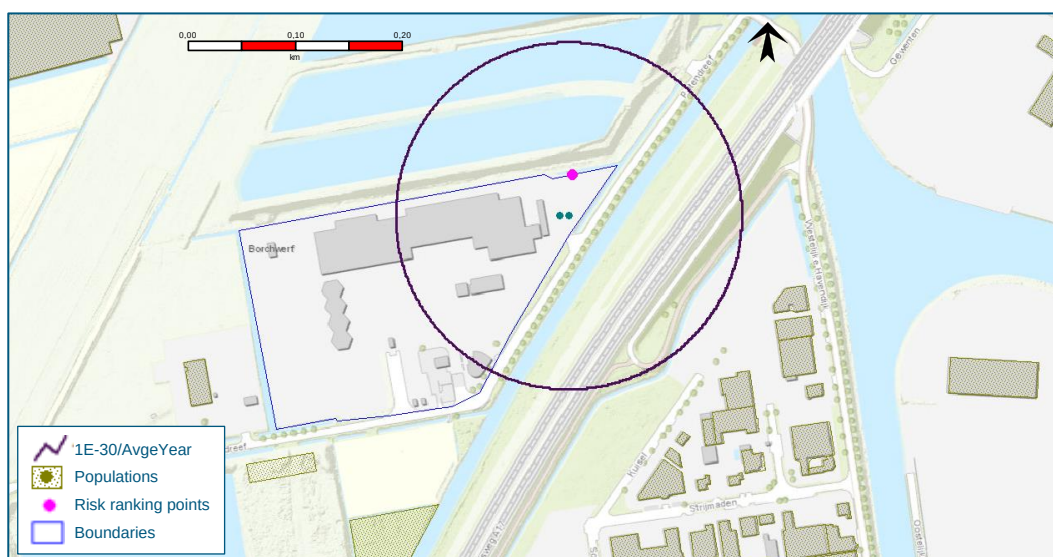
5.5 Weerscondities

Bij het berekenen van het PR is gebruik gemaakt van de meteogegevens van het weerstation Woensdrecht, zoals deze in Safeti-NL zijn opgenomen. Dit betreft het dichtstbijzijnde representatieve weerstation voor de locatie van SRE.

5.6 Populatie in de omgeving

Conform artikel 1, lid 2 van het Bevi [3] wordt bij het berekenen van het groepsrisico alleen rekening gehouden met alle mogelijke aanwezigen buiten de inrichting. De aanwezige personen op het perceel van SRE worden dus niet meegenomen bij de bepaling van het groepsrisico.

De populatiegegevens in de omgeving van SRE zijn ontleend uit de BAG populatieservice [10] (bagselectiebasis_202101). Hierbij is de populatie opgevraagd ter grootte van het berekende invloedsgebied (1% letaliteit) die is weergegeven in Figuur 5-1.



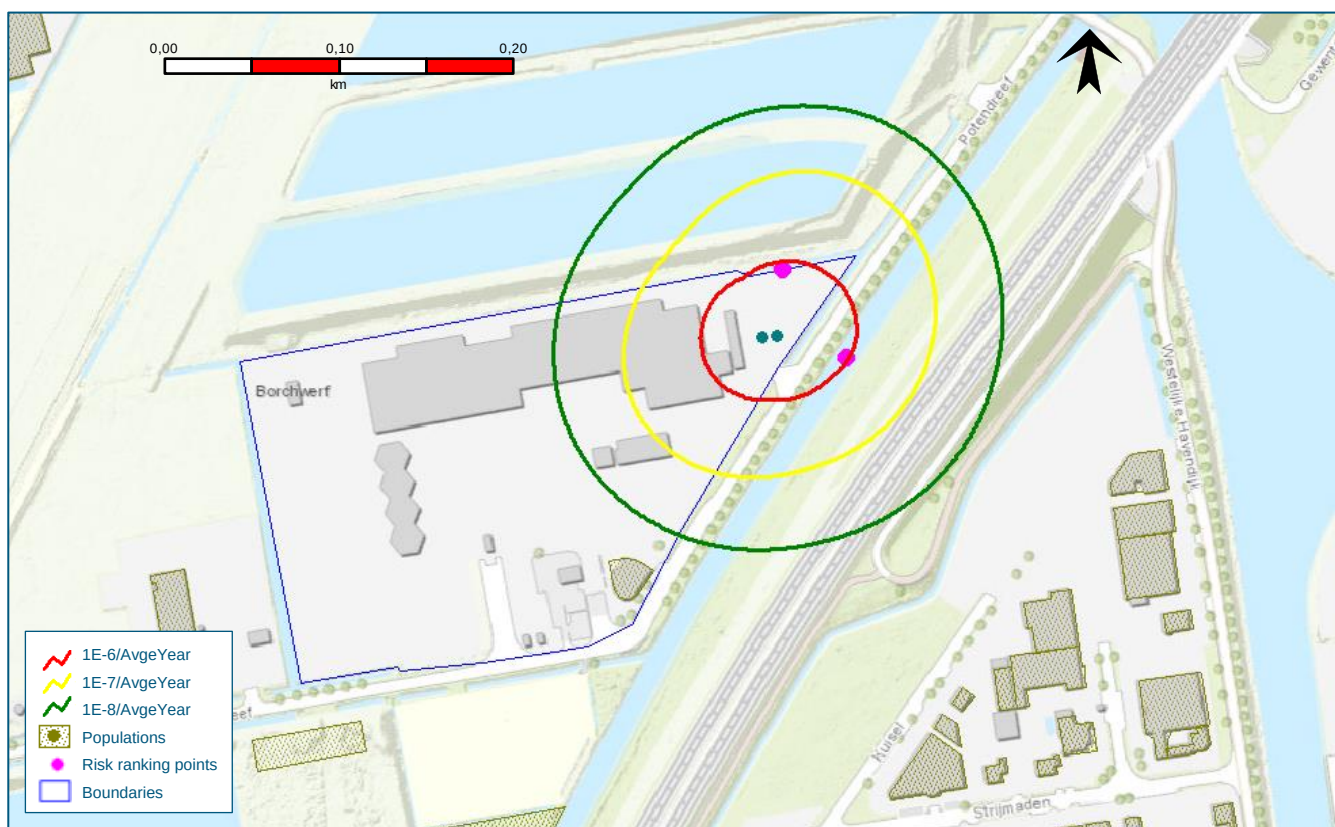
Figuur 5-1: Invloedgebied SRE (gebaseerd op de PR 10^{-30} /jaar risicocontour)

6 Resultaten

6.1 Plaatsgebonden risico

6.1.1 Plaatsgebonden risicocontouren

In Figuur 6-1 is het plaatsgebonden risico (PR) in de vorm van zogenaamde plaatsgebonden risicocontouren (PR contouren) ten gevolge van de CO₂-afvang, op en overslag bij SRE grafisch weergegeven. Risicocontouren verbinden locaties met eenzelfde risico met elkaar. Opgemerkt wordt dat het PR onafhankelijk is van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen. Figuur 6.1 toont de PR contouren van de CO₂-afvang en op- en overslag bij SRE, waarbij conservatief 100% van de afgevangen CO₂ met tankauto's wordt afgevoerd.



Figuur 6-1 PR contouren CO₂-afvang, op- en overslag (conservatief 100% afvoer met tankauto's)

Binnen de relevante PR contour van 10⁻⁶ per jaar liggen geen (beperkt) kwetsbaar objecten. Conform het Bevi is deze situatie toegestaan. Voor meer uitleg met betrekking tot het toetsingskader voor het plaatsgebonden risico zie Paragraaf 2.1.

6.1.2 Bijdrage aan het plaatsgebonden risico

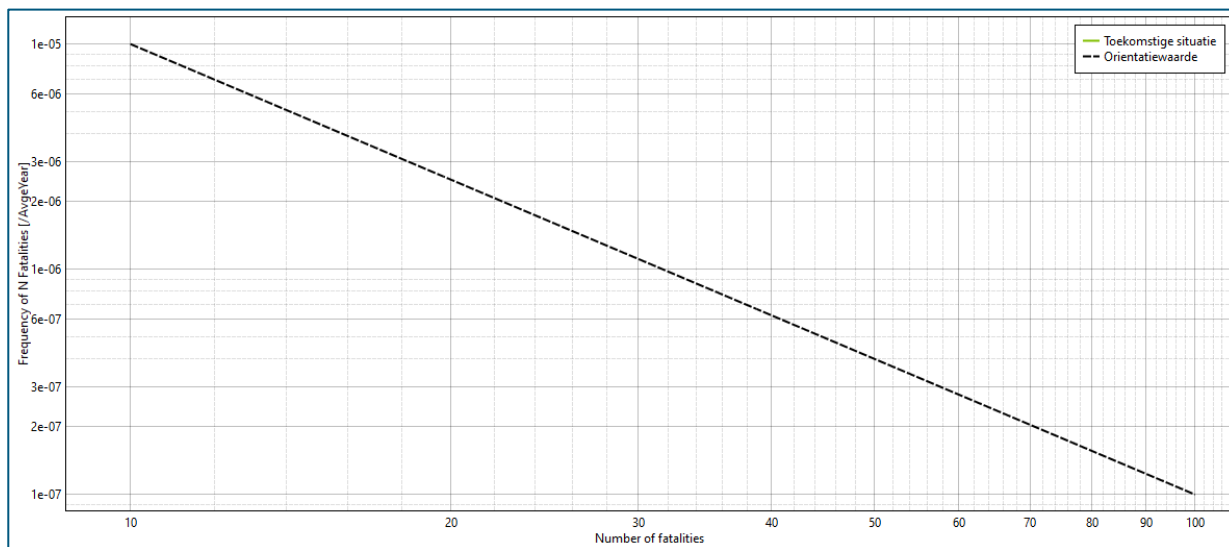
Om de bijdrage van de scenario's aan het PR in kaart te brengen is op de terreingrens ten noorden van de CO₂-afvang, op- en overslag een Risk Ranking Point (RRP) geplaatst. Met dit RRP wordt inzichtelijk welke scenario's bijdragen aan het PR op een bepaalde plaats. In onderstaande tabel is de bijdrage van de scenario's die verantwoordelijk zijn voor het PR (Figuur 6.1) weergegeven evenals de locatie van het RRP.

Tabel 6.1: Bijdrage van de scenario's aan het PR buiten de inrichting per risk ranking point

Faalscenario	Risico	Bijdrage aan het PR
	[jaar ⁻¹]	
RRP Noord t.o.v. CO2 afvang (89.644, 395.963 m)		
Opslagtanks\CO2-opslagtank\1. Instantaan falen	1,1E-06	98%
Opslagtanks\CO2-opslagtank\2. 10 minuten uitstroom	9,6E-09	1%
Tankauto\1\2. CO2-tankauto\2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	6,8E-09	1%
Totaal	1,1E-06	
RRP 10-6 Zuidoost t.o.v. CO2 afvang (89.681, 395.913 m)		
Opslagtanks\CO2-opslagtank\1. Instantaan falen	1,0E-06	100%
Opslagtanks\CO2-opslagtank\2. 10 minuten uitstroom	4,0E-09	< 1%
Tankauto\1\2. CO2-tankauto\2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	3,5E-10	< 1%
Totaal	1,0E-06	

6.2 Groepsrisico

In Figuur 6-2 is het berekende groepsrisico (GR) in de vorm van een zogenaamde FN-curve ten gevolge van de toekomstige situatie (CO₂-afvang, op en overslag) bij SRE grafisch weergegeven, waarbij conservatief 100% van de afgevangen CO₂ met tankauto's wordt afgevoerd. De richtwaarde uit het Bevi [3] is aangegeven met een rechte lijn. Voor de toekomstige situatie ligt het berekende groepsrisico ruim onder de richtwaarde uit het Bevi (en hierdoor niet zichtbaar in onderstaande figuur). Dit komt doordat de populatie in de omgeving zich buiten het invloedsgebied van SRE bevindt (zie Figuur 5-1). De verwachting is dat eventuele de toekomstige bevolking zich ook niet binnen het invloedsgebied van SRE zal bevinden.



Figuur 6-2 FN-curve toekomstige situatie. Voor de toekomstige situatie ligt het berekende groepsrisico ruim onder de richtwaarde uit het Bevi en hierdoor niet zichtbaar in bovenstaande figuur.

6.3 Effectafstanden

Met het rekenpakket Safeti-NL zijn de externe veiligheidsrisico's berekend. IN het SMEZ rapport Naast de externe veiligheidsrisico's zijn per scenario ook de effecten berekend. In Tabel 6.1 zijn de scenario's weergegeven die een bijdrage leveren aan het PR. In Tabel 6.2 zijn de berekende effectafstanden voor de verschillende scenario's weergegeven.

Tabel 6.2: Effectafstanden van de verschillende scenario's

Insluitsysteem	Scenario	Weer ¹⁾	Grootste afstand 1% letaliteit (m)
CO ₂ -opslagtank	1. Instantaan falen	D 5	156
		F 1.5	155
	2. 10 minuten uitstroom	D 5	58
		F 1.5	58
	3. Lekkage	D 5	6
		F 1.5	7
CO ₂ -tankauto	1. Instantaan falen	D 5	27
		F 1.5	22
	2. Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	D 5	55
		F 1.5	57
Laadslang	3. Breuk werken noodstop	D 5	32
		F 1.5	35
	4. Breuk falen noodstop	D 5	18
		F 1.5	21
	5 Lekkage	D 5	5
		F 1.5	5

1) Stabiliteitsklasse: neutraal (D) of matig tot zeer stabiel (F) / Windsnelheid: 5 m/s of 1,5 m/s.

7 Conclusies

Op basis van de resultaten van de berekeningen met Safeti-NL versie 8.3 voor de risicoanalyse voor de inrichting van SRE te Roosendaal wordt geconcludeerd:

- Binnen de relevante plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar liggen geen (beperkt) kwetsbaar objecten. Conform het Bevi is deze situatie toegestaan.
- Voor de toekomstige situatie ligt het berekende groepsrisico ruim onder de oriëntatiewaarde uit het Bevi.

8 Referenties

- [1] Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), laatste wijziging in werking getreden op 1 januari 2016.
- [2] Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi), laatste wijziging in werking getreden op 29 juni 2016.
- [3] Besluit risico's zware ongevallen 2015 (Brzo 2015), laatste wijziging in werking getreden op 8 juli 2015.
- [4] Rekenpakket Safeti-NL, DNVGL, versie 8.3.
- [5] Handleiding Risicoberekeningen Bevi (HRB), RIVM, versie 4.2, 1 april 2020.
- [6] www.ruimtelijkeplannen.nl, bezocht op 25 april 2017.
- [7] risicoanalyse-selectiemethodiek "toxisch en/of ontvlambaar", RIVM, 24 mei 2016.
- [8] Ruwheidskaart 2017, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 15 maart 2017.
- [9] Ridgeway, P., "Carbon dioxide Dangerous Toxic Load (DTL) assessment", Memo MH07-05, 5 June 2007, HSE, Bootle, UK.
- [10] BAG populatieservice, <https://populatieservice.demis.nl/#/>, bezocht 2 april 2021

Bijlage

1. SMEZ rapport

Equipment Item	Scenario Name	Scenario Type	Substance	Inventory [kg]	LocationX [m]	LocationY [m]	Event frequency [/AvgeYear]	Hole Size / Pipe Diameter [m]	Weather	Discharge mass [kg]	Discharge rate [kg/s]	Release duration [s]	Largest Distance to 1% lethality [m]
CO2-opslagtank	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		B 3	300000			139,1
CO2-opslagtank	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		D 1.5	300000			156,8
CO2-opslagtank	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		D 5	300000			155,5
CO2-opslagtank	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		D 9	300000			154,6
CO2-opslagtank	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		E 5	300000			158,2
CO2-opslagtank	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		F 1.5	300000			154,7
CO2-opslagtank	2. 10 minuten uitstroom	Fixed duration release	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		B 3		500	600	58,2
CO2-opslagtank	2. 10 minuten uitstroom	Fixed duration release	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		D 1.5		500	600	54,9
CO2-opslagtank	2. 10 minuten uitstroom	Fixed duration release	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		D 5		500	600	57,8
CO2-opslagtank	2. 10 minuten uitstroom	Fixed duration release	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		D 9		500	600	60,4
CO2-opslagtank	2. 10 minuten uitstroom	Fixed duration release	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		E 5		500	600	59,1
CO2-opslagtank	2. 10 minuten uitstroom	Fixed duration release	CO2_HSE	300000	89641	395925	1,5E-06		F 1.5		500	600	58,0
CO2-opslagtank	3. Lekkage	Leak	CO2_HSE	300000	89641	395925	3,0E-05	0,01	B 3		2,9	1800	6,3
CO2-opslagtank	3. Lekkage	Leak	CO2_HSE	300000	89641	395925	3,0E-05	0,01	D 1.5		2,9	1800	7,1
CO2-opslagtank	3. Lekkage	Leak	CO2_HSE	300000	89641	395925	3,0E-05	0,01	D 5		2,9	1800	6,0
CO2-opslagtank	3. Lekkage	Leak	CO2_HSE	300000	89641	395925	3,0E-05	0,01	D 9		2,9	1800	5,5
CO2-opslagtank	3. Lekkage	Leak	CO2_HSE	300000	89641	395925	3,0E-05	0,01	E 5		2,9	1800	6,0
CO2-opslagtank	3. Lekkage	Leak	CO2_HSE	300000	89641	395925	3,0E-05	0,01	F 1.5		2,9	1800	7,1
1/2. CO2-tankauto	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07		B 3	20000			23,1
1/2. CO2-tankauto	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07		D 1.5	20000			21,5
1/2. CO2-tankauto	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07		D 5	20000			26,9
1/2. CO2-tankauto	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07		D 9	20000			30,8
1/2. CO2-tankauto	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07		E 5	20000			27,3
1/2. CO2-tankauto	1. Instantaan falen	Catastrophic rupture	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07		F 1.5	20000			22,4
1/2. CO2-tankauto	2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	Leak	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07	0,0762	B 3		160,0	125,0	55,1
1/2. CO2-tankauto	2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	Leak	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07	0,0762	D 1.5		160,0	125,0	55,2
1/2. CO2-tankauto	2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	Leak	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07	0,0762	D 5		160,0	125,0	54,9
1/2. CO2-tankauto	2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	Leak	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07	0,0762	D 9		160,0	125,0	54,4
1/2. CO2-tankauto	2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	Leak	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07	0,0762	E 5		160,0	125,0	56,3
1/2. CO2-tankauto	2.Vrijkomen gehele inhoud grootse aansluiting	Leak	CO2_HSE	20000	89633	395925	8,9E-07	0,0762	F 1.5		160,0	125,0	57,1
3. Laadslang, werken noodstop	3. Breuk werken noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	9000	89633	395925	3,8E-02		B 3		75	120	32,8
3. Laadslang, werken noodstop	3. Breuk werken noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	9000	89633	395925	3,8E-02		D 1.5		75	120	33,8
3. Laadslang, werken noodstop	3. Breuk werken noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	9000	89633	395925	3,8E-02		D 5		75	120	32,5
3. Laadslang, werken noodstop	3. Breuk werken noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	9000	89633	395925	3,8E-02		D 9		75	120	30,6
3. Laadslang, werken noodstop	3. Breuk werken noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	9000	89633	395925	3,8E-02		E 5		75	120	33,1
3. Laadslang, werken noodstop	3. Breuk werken noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	9000	89633	395925	3,8E-02		F 1.5		75	120	35,0
4/5. Laadslang, falen noodstop	4. Breuk falen noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-03		B 3		19,4	1800	18,5
4/5. Laadslang, falen noodstop	4. Breuk falen noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-03		D 1.5		19,4	1800	20,6
4/5. Laadslang, falen noodstop	4. Breuk falen noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-03		D 5		19,4	1800	18,3
4/5. Laadslang, falen noodstop	4. Breuk falen noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-03		D 9		19,4	1800	16,2
4/5. Laadslang, falen noodstop	4. Breuk falen noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-03		E 5		19,4	1800	18,5
4/5. Laadslang, falen noodstop	4. Breuk falen noodstop	Fixed duration release	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-03		F 1.5		19,4	1800	21,0
4/5. Laadslang, falen noodstop	5. Lekkage	Leak	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-01	0,00762	B 3		1,6	1800	4,7
4/5. Laadslang, falen noodstop	5. Lekkage	Leak	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-01	0,00762	D 1.5		1,6	1800	5,2
4/5. Laadslang, falen noodstop	5. Lekkage	Leak	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-01	0,00762	D 5		1,6	1800	4,5
4/5. Laadslang, falen noodstop	5. Lekkage	Leak	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-01	0,00762	D 9		1,6	1800	4,1
4/5. Laadslang, falen noodstop	5. Lekkage	Leak	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-01	0,00762	E 5		1,6	1800	4,5
4/5. Laadslang, falen noodstop	5. Lekkage	Leak	CO2_HSE	35000	89633	395925	4,2E-01	0,00762	F 1.5		1,6	1800	5,1



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.



royalhaskoningdhv.com

