



Adviesgroep AVIV BV
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Risicoanalyse / H2-tankstation Hendrik Ido Ambacht

Project	235418
Datum	20 oktober 2023

Opdrachtgever
Berkman Energie Service B.V.
Tuindersweg 34
2991 LR Barendrecht

Risicoanalyse / H2-tankstation Hendrik Ido Ambacht

Project	235418
Datum	20 oktober 2023
Auteur(s) Versie nr.	ing. A.M. op den Dries 1.1
Opdrachtgever	Berkman Energie Service B.V. Tuindersweg 34 2991 LR Barendrecht

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Ongevalsscenario's	5
2.1 Selectie van bedrijfsonderdelen	5
2.2 Initiële faalfrequentie	6
2.3 Ongevalsscenario's	8
2.4 Parameters	14
2.5 Aanwezigen rond de inrichting	14
3 Resultaat risicoberekening	15
3.1 Plaatsgebonden risico	15
3.2 Groepsrisico	16
3.3 Effectafstand	16
3.4 Domino effecten	17
3.5 Doorkijk omgevingswet	19
4 Beschouwing Externe veiligheid aanvoer waterstof	21
4.1 Route gevaarlijke stoffen	21
4.2 Tunnelveiligheid	21
5 Conclusie	22
Referenties	23

1 Inleiding

Het voornemen is om een multifuel tankstation aan de Ambachtsezoom in Hendrik Ido Ambacht te realiseren. De inrichting bestaat o.a. uit een H2-installatie. Voor de H2-installatie wordt het extern veiligheidsrisico berekend conform de landelijke voorschriften.

In hoofdstuk 2 worden de ongevalsscenario's vastgesteld waarmee de risicoberekening voor H2 wordt uitgevoerd. Hoofdstuk 3 bevat het berekende plaatsgebonden risico voor H2, het groepsrisico en de effectafstanden voor de ongevalsscenario's. In hoofdstuk 4 wordt kwalitatief ingegaan op het vervoer van waterstof over de aanrijroutes. Hoofdstuk 5 tenslotte bevat de conclusie.

2 Ongevalsscenario's

2.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

Voor de H2-installatie worden de volgende insluitsystemen en/of activiteiten gemodelleerd:

- Aanvoer vanuit een tubetrailer (200 bar voor optie 1 en 300 bar voor optie 2).
- De separator bij de electrolyzers
- De lage druk bufferopslag.
- De compressor 500 bar.
- De midden druk bufferopslag 500 bar.
- De compressor 1000 bar.
- De hoge druk bufferopslag 1000 bar.
- De losverbinding tussen de dispenser en het motorvoertuig voor aflevering op 700 bar.

De aanvoer van waterstof vindt plaats door een tubetrailer met composiet flessen en een druk van 300 bar. De doorzet is maximaal 500 kg/dag. Daarnaast wordt ook de mogelijkheid van productie on-site met een elektrolyzer meegenomen in de risicoanalyse. De elektrolyzer zelf wordt niet gemodelleerd, bij het falen hiervan komt immers alleen demiwater vrij.

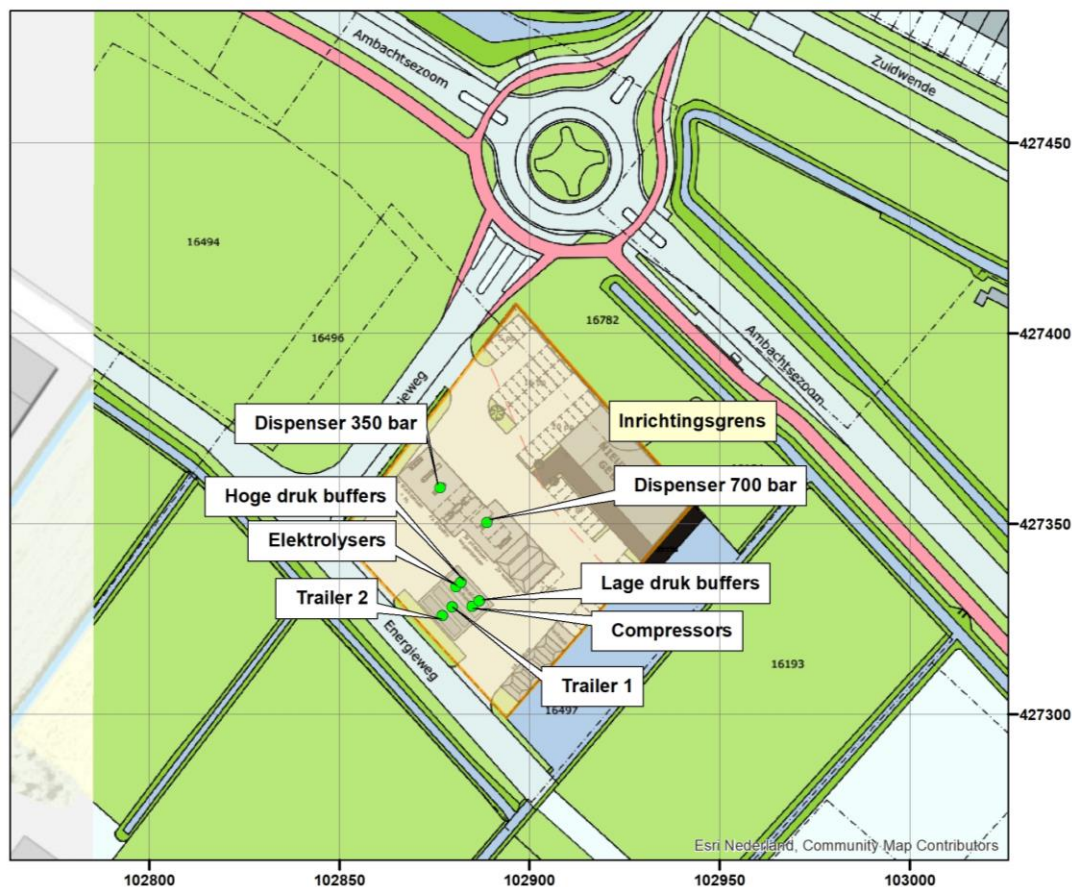
De modellering van de H2-installatie is conform de landelijke rekenvoorschriften [1 en 2]. Ook is rekening gehouden met een door het RIVM opgesteld memo [3].

Vooralsnog zijn geen ongevalsscenario's gemodelleerd voor de de leidingen. De kans van falen van de leidingen is vele malen kleiner dan de kans van falen van de slangen van de pakketten, terwijl de uitstroom gelijk is.

Met Safeti-NL is het niet goed mogelijk om de gevolgen van het vrijkomen van een gas in een omkasting te modelleren. Voor deze scenario's is aangenomen dat de waterstof in de open lucht vrijkomt.

Voor het afkoelen van het waterstof voor levering wordt een koelinstallatie gebruikt. In deze koelinstallatie zit 5 kg propaan met minimaal 1 bar en maximaal 16.5 bar. In het geval de gehele hoeveelheid propaan vrijkomt met 16.5 bar zal dit leiden tot een maximale 1% letaliteitsafstand van 5.5 meter. De koelinstallatie ligt circa 17 meter van de terreingrens af waardoor de letale effecten dus niet over de terreingrens liggen. Conform paragraaf 3.2.5 van [1] mogen de faalscenario's voor de koelinstallatie achterwege blijven.

Figuur 1 toont een overzicht van de inrichting met daarin aangegeven de positie van de belangrijkste onderdelen van de H2-installatie.



Figuur 1. Inrichting

2.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 1 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1], een specifiek rekenvoorschrift voor gascilinders [2] en een memo van het RIVM [3]. De faalfrequentie van een cilinder wordt gebruikt wanneer het volume maximaal 150 l is, anders de faalfrequentie van een drukvat.

Voor een cilinderpakket met N gascilinders dient alleen het scenario 'instantaan falen' meegenomen te worden met een faalfrequentie gelijk aan $N \times 5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr. Bij het instantaan falen van één gascilinder zal de gehele inhoud van het cilinderpakket vrijkomen. De uitstroming kan worden beschouwd als het instantaan falen van de eerste cilinder, waarna de inhoud van de overige $N - 1$ cilinders door middel van een 5 mm gat uitstroomt. Het instantaan falen van het gehele cilinderpakket wordt niet aannemelijk geacht.

Component	Faaltwijze	Frequentie
Cilinder (tot 150 l)	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Lekkage 3.3 mm gat	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Brand in de omgeving van de gascilinder	Zie tekst
Cilinderpakket (cilinders tot 150 l)	Zie tekst	Zie tekst
Trailer	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu grootste aansluiting	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Vuurbal brand tijdens verlading	$5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur
	Vuurbal brand in omgeving	$4.0 \cdot 10^{-8}$ /uur
	Vuurbal externe impact	$9.6 \cdot 10^{-10}$ /uur
	Breuk slang	$4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur
	Lekkage slang	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur
Drukvat	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 mm gat	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
Compressor	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr
	Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr
Losslang standaard	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur
Losslang composiet	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-7}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur

Tabel 1. Initiële faalfrequentie onderdelen van de installatie conform [1]

Het is niet aannemelijk dat een langdurige brand uitbreekt door het falen van een cilinder met brandbaar gas. Daarvoor is de inhoud van een gascilinder namelijk te klein. Wel kan een brand uitbreken door de aanwezigheid van brandbare (vloeistof)stoffen in de directe nabijheid van de opslaglocatie, waardoor gascilinders worden aangestraald (of midden in een plasbrand komen te staan). Pas bij een langdurige brand zal een deel van de opgeslagen cilinders kunnen falen. Het meenemen van het brandscenario is dus afhankelijk van locatiespecifieke omstandigheden. In veel gevallen kan dit scenario worden uitgesloten.

- Wanneer er geen brandbare vloeistoffen en vaste stoffen in de nabijheid van een opslag van gascilinders aanwezig zijn, worden de scenario's "plasbrand" en "brand overig" niet aannemelijk geacht.
- Voor scenario "gevelbrand" geldt dat het betreffende gebouw volgens de PGS 15 richtlijn in ieder geval 60 minuten brandwerend dient te zijn uitgevoerd. Desondanks is een gevelbrand niet volledig uit te sluiten.
- Scenario "brand in een inpandige opslag" tenslotte wordt niet aannemelijk geacht indien de constructie van de betreffende opslagruimte van onbrandbaar materiaal is vervaardigd en er geen brandbare vloeistoffen en vaste stoffen in zowel dezelfde ruimte als in aangrenzende ruimten zijn opgeslagen. De effecten van een inpandige opslag worden gemodelleerd als buiten zijnde.
- Indien brandbare vloeistoffen in de nabijheid van gascilinders aanwezig zijn, kan een plasbrand ontstaan waarbij simultaan falen van meerdere gascilinders niet is uit te sluiten. Bij opslagen van cilinders met brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen resulteert dit in gecumuleerde warmtestraling, hetgeen tot grotere effectafstanden zal leiden. Bij de overige gassen heeft het simultaan falen geen extra effecten tot gevolg.

Indien brand niet kan worden uitgesloten, moet de kans op brand van $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr voor elke opslag afzonderlijk toegepast worden. Voor deze installatie wordt een brand in de omgeving van de gascilinders uitgesloten geacht.

2.3 Ongevalsscenario's

2.3.1 Ongevalsscenario's tubetrailer

De installatie wordt gevuld met een tubetrailer van 300 bar. Deze tubetrailer bestaat uit vijf flessen van elk 205 l, vijf flessen van elk 280 l en 145 flessen van elke 321 l (totaal 48.97 m³). De verbinding met de installatie wordt gemaakt met een standaard slang met een binnen diameter van 10 mm. Aangenomen is dat er continu een tubetrailer aanwezig is. Voor de continue uitstroming uit de grootste aansluiting wordt uitgegaan van een 10 mm gat. Bij de scenario's instantaan falen en vuurbal geldt dat slechts de inhoud van één tube vrijkomt (maximaal 321 l).

Tabel 2 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's. Deze scenario's worden voor beide posities van de tubetrailer gemodelleerd.

Scenario	Toelichting frequentie		
Instantaan	155 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie instantaan falen per jaar)		
Continu grootste aansluiting	155 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie continue uitstroming uit grootste aansluiting)		
Vuurbal brand tijdens verlading	4380 (uren in bedrijf) x $5.8 \cdot 10^{-10}$ (frequentie vuurbal per uur)		
Vuurbal brand in omgeving	8760 (uren aanwezig) x $4.0 \cdot 10^{-8}$ (frequentie vuurbal per uur)		
Vuurbal externe impact	8760 (uren aanwezig) x $9.6 \cdot 10^{-10}$ (frequentie vuurbal per uur)		
Breuk slang	4380 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)		
Lekkage slang	4380 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)		

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$7.8 \cdot 10^{-5}$	6.8 kg	Inhoud van één tube
Continu grootste aansluiting	$7.8 \cdot 10^{-5}$	1.2 kg/s	Gat diameter 10 mm, uitstroomduur 838 s
Vuurbal brand tijdens verlading	$2.5 \cdot 10^{-6}$	6.8 kg	Inhoud van één tube
Vuurbal brand in omgeving	$3.5 \cdot 10^{-4}$	6.8 kg	Inhoud van één tube
Vuurbal externe impact	$8.4 \cdot 10^{-6}$	6.8 kg	Inhoud van één tube
Breuk slang	$1.8 \cdot 10^{-2}$	1.2 kg/s	Gat diameter 10 mm, uitstroomduur 838 s
Lekkage slang	$1.8 \cdot 10^{-1}$	< 0.1 kg/s	Gat diameter 1 mm, uitstroomduur 1800 s

Tabel 2. Ongevalsscenario's tubetrailer 300 bar

2.3.2 Seperator bij electrolyzers

Achter de elektrolyzers zit een seperator. Deze seperator bestaat uit twee tanks van elk 0.4 m³. Conservatief wordt aangenomen dat beide tanks volledig gevuld zijn met waterstof. De druk van deze buffer is 10 bar. Tabel 3 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's.

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	5.0 10 ⁻⁷	0.37 kg	Maximale inhoud
Continu 10 min	5.0 10 ⁻⁷	0.001 kg/s	Uitstroom gehele tank in 10 minuten
Continu 10 mm gat	1.0 10 ⁻⁵	0.05 kg/s	Uitstroom gehele tank uit 10 mm gat, duur 8 s

Tabel 3. Ongevalsscenario's per seperator tank

2.3.3 Ongevalsscenario's compressor 10 bar

Er zijn twee compressoren geïnstalleerd. Elke compressor is gemiddeld 9.7 uur per dag in bedrijf. De leiding naar de compressor heeft een inwendige diameter van 19 mm en een lengte van 5 m. De maximale hoeveelheid die kan uitstromen is gelijk aan de inhoud van de voorraad buffer. Tabel 5 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	7081 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) x 1.0 10 ⁻⁴ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Lekkage	7081 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) x 4.4 10 ⁻³ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	8.1 10 ⁻⁵	0.09	Diameter 19 mm, lengte 5 m, inhoud van sepperator, uitstroomduur 4 s.
Lekkage	3.6 10 ⁻³	< 0.1	Diameter 1.9 mm, inhoud van seperator, uitstroomduur 221 s.

Tabel 4. Ongevalsscenario's compressor 10 bar

2.3.4 Ongevalsscenario's lage druk buffer - voorraad buffer

De lage druk buffer bestaat uit achttien horizontaal opgestelde tubes van elk 1500 l (totaal 27 m³). De gemodelleerde druk is 200 bar. Tabel 4 toont de ongevalsscenario's voor deze buffer.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	18 (aantal tubes) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	18 (aantal tubes) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	18 (aantal tubes) x 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$9.0 \cdot 10^{-6}$	22.5 kg	Maximale inhoud van één tube
Continu 10 min	$9.0 \cdot 10^{-6}$	0.7 kg/s	Inhoud van 27 m ³ (18 tubes), uitstroomduur 600 s
Continu 10 mm	$1.8 \cdot 10^{-4}$	0.8 kg/s	Inhoud van 27 m ³ (18 tubes), uitstroomduur 483 s

Tabel 5. Ongevalsscenario's lage druk buffer – voorraad buffer

2.3.5 Ongevalsscenario's compressor 250 bar

Er zijn twee compressoren geïnstalleerd. Elke compressor is gemiddeld 9.7 uur per dag in bedrijf. De leiding naar de compressor heeft een inwendige diameter van 19 mm en een lengte van 5 m. De maximale hoeveelheid die kan uitstromen is gelijk aan de inhoud van de voorraad buffer. Tabel 5 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	7081 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Lekkage	7081 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$8.1 \cdot 10^{-5}$	1.64	Diameter 19 mm, lengte 5 m, inhoud van voorraad buffer, uitstroomduur 246 s.
Lekkage	$3.6 \cdot 10^{-3}$	< 0.1	Diameter 1.9 mm, inhoud van voorraad buffer, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 6. Ongevalsscenario's compressor 250 bar

2.3.6 Ongevalsscenario's buffer 250 bar

De buffer 250 bar bestaat uit drie cilinders van elk 1650 l. De gemodelleerde druk is 250 bar. Tabel 6 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	3 (aantal cilinders) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	3 (aantal cilinders) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	3 (aantal cilinders) $\times 1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$1.5 \cdot 10^{-6}$	29.9 kg	Maximale inhoud van één cilinder
Continu 10 min	$1.5 \cdot 10^{-6}$	0.15 kg/s	Inhoud van 4950 l (3 cilinders), uitstroomduur 600 s.
Continu 10 mm	$3.0 \cdot 10^{-5}$	1.0 kg/s	Inhoud van 4950 l (3 cilinders), uitstroomduur 87 s.

Tabel 7. Ongevalsscenario's buffer 250 bar

2.3.7 Ongevalsscenario's compressor 500 bar

Er zijn twee compressoren geïnstalleerd. Elke compressor is gemiddeld 11.4 uur per dag in bedrijf. De leiding naar de compressor heeft een inwendige diameter van 9.12 mm en een lengte van 5 m. De maximale hoeveelheid die kan uitstromen is gelijk aan de inhoud van de voorraad buffer. Tabel 7 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	8322 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) x $1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Lekkage	8322 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) x $4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$9.5 \cdot 10^{-5}$	0.26	Diameter 9.12 mm, lengte 5 m, inhoud van lage druk buffer, uitstroomduur 1560 s.
Lekkage	$4.2 \cdot 10^{-3}$	< 0.1	Diameter 0.912mm, inhoud van lage druk buffer, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 8. Ongevalsscenario's compressor 500 bar

2.3.8 Ongevalsscenario's buffer 500 bar

De buffer 500 bar bestaat uit zes cilinders van elk 1889 l. De gemodelleerde druk is 500 bar. Tabel 8 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	6 (aantal cilinders) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	6 (aantal cilinders) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	6 (aantal cilinders) x $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$3.0 \cdot 10^{-6}$	58.8 kg	Maximale inhoud van één cilinder
Continu 10 min	$3.0 \cdot 10^{-6}$	0.6 kg/s	Inhoud van 11.334 m^3 (6 cilinders), uitstroomduur 600 s.
Continu 10 mm	$6.0 \cdot 10^{-5}$	2.0 kg/s	Inhoud van 11.334 m^3 (6 cilinders), uitstroomduur 179 s.

Tabel 9. Ongevalsscenario's buffer 500 bar

2.3.9 Ongevalsscenario's compressor 1000 bar

Er zijn twee compressoren geïnstalleerd. Elke compressor is gemiddeld 7 uur per dag in bedrijf. De leiding naar de compressor heeft een inwendige diameter van 9.12 mm en een lengte van 5 m. De maximale hoeveelheid die kan uitstromen is gelijk aan de inhoud van de voorraad buffer. Tabel 9 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	5110 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) x $1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Lekkage	5110 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) x $4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$5.8 \cdot 10^{-5}$	0.6	Diameter 9.12 mm, lengte 5 m, uitstroomduur 670 s.
Lekkage	$2.6 \cdot 10^{-3}$	< 0.1	Diameter 0.912 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 10. Ongevalsscenario's compressor 1000 bar

2.3.10 Ongevalsscenario's buffer 1000 bar

De buffer 1000 bar bestaat uit twaalf cilinders van elk 553 l. De gemodelleerde druk is 950 bar. Tabel 10 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	12 (aantal cilinders) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	12 (aantal cilinders) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	12 (aantal cilinders) x $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$6.0 \cdot 10^{-6}$	26.1 kg	Maximale inhoud van één cilinder
Continu 10 min	$6.0 \cdot 10^{-6}$	0.5 kg/s	Inhoud van 6636 l (12 cilinders), uitstroomduur 600 s.
Continu 10 mm	$1.2 \cdot 10^{-4}$	3.5 kg/s	Inhoud van 6636 l (12 cilinders), uitstroomduur 90 s.

Tabel 11. Ongevalsscenario's buffer 1000 bar

2.3.11 Ongevalsscenario's dispenser 350 bar

Het leidingwerk naar de dispenser voor 350 bar heeft een inwendige diameter van 7.12 mm. Er wordt 50 kg afgeleverd. De dispenser is daarmee circa 302 uur van het jaar in gebruik. De afleverleiding is voorzien van een flowmeter met een doorstroombegrenzer. De begrenzer zit voor de slang en werkt binnen 2 s. Bij breuk van de slang is de kans dat de doorstroombegrenzer niet werkt gelijk aan 0.06. Als de doorstroombegrenzer wel werkt is de gemodelleerde uitstroomduur 5 s. De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopsysteem is voor dit scenario niet gemodelleerd.

De bronsterkte bij breuk van de slang is berekend door rekening te houden met de lengte van de leiding vanaf de buffer naar de dispenser van circa 30 m. Er is geen rekening gehouden met de restrictie gevormd door de flow control valve.

Tabel 11 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	302 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.94 (kans noodstop succesvol)
Breuk noodstop niet Ok	302 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.06 (kans noodstop niet succesvol)
Lekkage	302 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$1.1 \cdot 10^{-3}$	0.14	Zie tekst, uitstroomduur 5 s
Breuk noodstop Nok	$7.2 \cdot 10^{-5}$	0.14	Zie tekst, uitstroomduur 916 s (gebaseerd op inhoud midden druk buffer 500 bar)
Lekkage	$1.2 \cdot 10^{-2}$	< 0.1	Diameter 0.712 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 12. Ongevalsscenario's dispenser 350 bar

2.3.12 Ongevalsscenario's dispenser 700 bar

Het leidingwerk naar de dispenser voor 700 bar heeft een inwendige diameter van 7.12 mm. Er wordt dagelijks 450 kg afgeleverd. De dispensers zijn daarmee circa 2732 uur van het jaar in gebruik. De afleverleiding is voorzien van een flowmeter met een doorstroombegrenzer. De begrenzer zit voor de slang en werkt binnen 2 s. Bij breuk van de slang is de kans dat de doorstroombegrenzer niet werkt gelijk aan 0.06. Als de doorstroombegrenzer wel werkt is de gemodelleerde uitstroomduur 5 s. De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopstelsel is voor dit scenario niet gemodelleerd.

De bronsterkte bij breuk van de slang is berekend door rekening te houden met de lengte van de leiding vanaf de buffer naar de dispenser van circa 30 m. Er is geen rekening gehouden met de restrictie gevormd door de flow control valve. Tabel 12 toont de ongevalsscenario's per dispenser. Er zijn twee dispensers met 700 bar gemodelleerd.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	2732 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.94 (kans noodstop succesvol)
Breuk noodstop niet Ok	2732 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.06 (kans noodstop niet succesvol)
Lekkage	2732 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$1.0 \cdot 10^{-2}$	0.24	Zie tekst, uitstroomduur 5 s
Breuk noodstop Nok	$6.6 \cdot 10^{-4}$	0.24	Zie tekst, uitstroomduur 1306 s (gebaseerd op inhoud hoge druk buffer 1000 bar)
Lekkage	$1.1 \cdot 10^{-1}$	< 0.1	Diameter 0.712 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 13. Ongevalsscenario's dispensers 700 bar

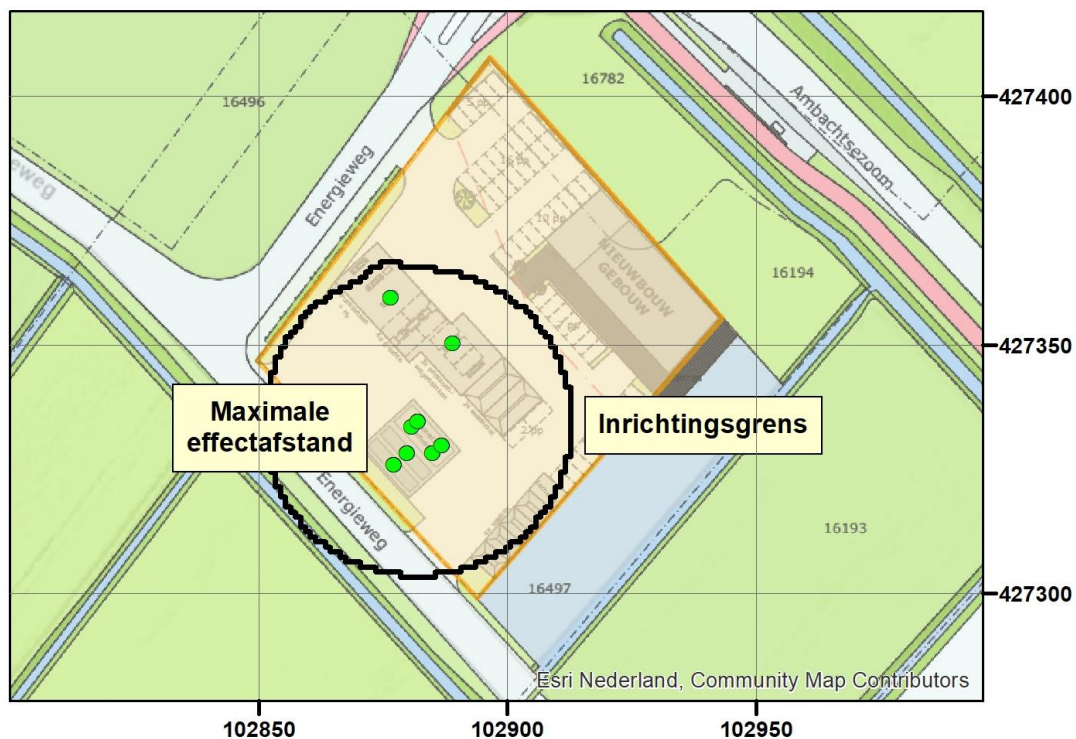
2.4 Parameters

De standaard parameters van Safeti-NL versie 8.5 zijn gebruikt voor de berekening. De gegevens voor het weerstation Rotterdam worden gebruikt voor de kans op het voorkomen van een bepaalde weersklasse. Voor de ruwheidslengte is de standaard waarde van 0.3 m gehanteerd.

De directe ontstekingskans voor waterstof is 1.0. Er vindt geen vertraagde ontsteking plaats.

2.5 Aanwezigen rond de inrichting

Figuur 2 toont het invloedsgebied rond de inrichting begrensd door de maximale effectafstand veroorzaakt door de waterstofinstallatie. Binnen het invloedsgebied bevindt zich de bestemming verkeer en agrarisch. Er is daarom binnen het invloedsgebied geen bebouwing van derden.

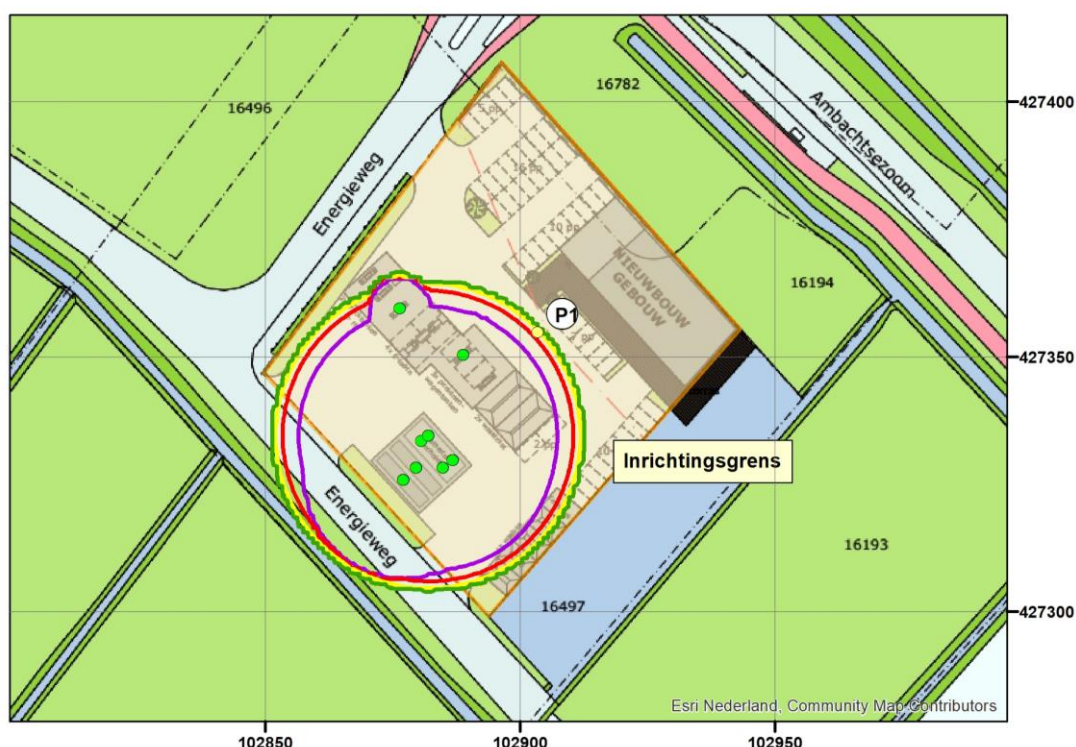


Figuur 2. Bevolkingsgebieden rond de inrichting

3 Resultaat risicoberekening

3.1 Plaatsgebonden risico

Figuur 3 toont de plaatsgebonden risicocontouren van de waterstofinstallatie. De plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} /jr ligt grotendeels binnen de inrichting.



Figuur 3. Plaatsgebonden risicocontouren

—	1.0 10^{-5} /jr
—	1.0 10^{-6} /jr
—	1.0 10^{-7} /jr
—	1.0 10^{-8} /jr

Tabel 13 toont de relatieve bijdrage van de ongevalsscenario's aan het plaatsgebonden risico van de H2-installatie in punt P1 (zie figuur 3 voor de ligging van dit punt). Dit punt is representatief voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Scenario's met een relatief kleine bijdrage zijn niet afgedrukt.

Punt	Waarde	Scenario	Bijdrage [%]
P1	1.1 10^{-7}	H2\Hoge druk buffer 1000 bar\Continu10mm	100.0

Tabel 14. Relatieve bijdrage scenario's

3.2 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.

Binnen het invloedsgebied bevinden zich geen personen. De inrichting veroorzaakt daarom geen groepsrisico.

3.3 Effectafstand

Effectafstanden zijn berekend voor alle scenario's. Tabel 14 toont de afstand tot 1% kans op overlijden (bij onbeschermd blootstelling) voor weersklasse D-5.0 overdag (neutraal weer met een windsnelheid van 5 m/s) en tabel weersklasse F-1.5 's nachts (zeer stabiel weer met een windsnelheid van 1.5 m/s). De aanduiding in de kolommen onderdeel en scenario zijn een referentie naar de tekst in hoofdstuk 2.

Bij instantaantaan vrijkomen wordt een vuurbal gemodelleerd en bij continu vrijkomen een fakkel.

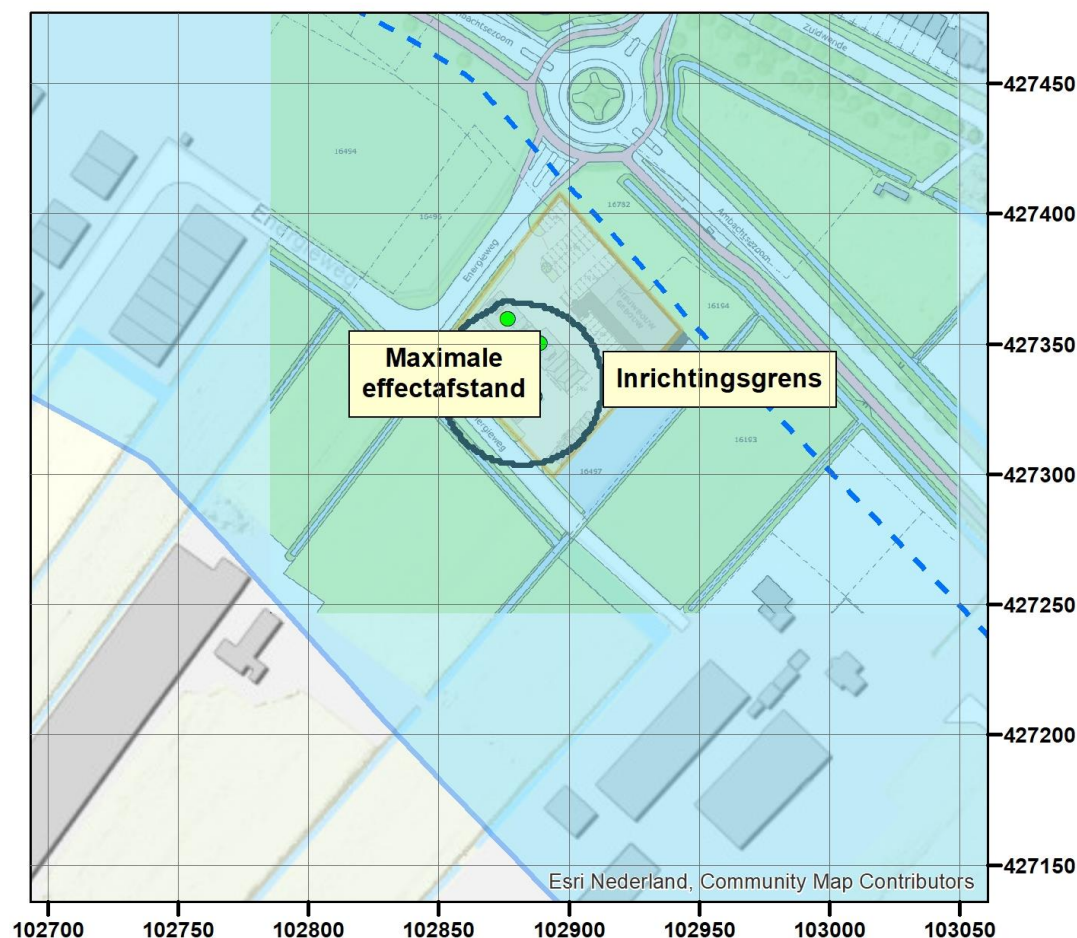
Onderdeel	Scenario	D-5.0	F-1.5
Tubetrailer	Instantaan	7	7
	Continu grootste aansluiting	17	17
	Vuurbal tijdens verlading	7	7
	Vuurbal brand omgeving	7	7
	Vuurbal externe impact	7	7
	BreukSlang	17	17
	LekkageSlang	2	2
Seperator	Instantaan	2	2
	Continu10min	1	1
	Continu10mm	4	4
Voorraad buffer	Instantaan	12	12
	Continu10min	14	14
	Continu10mm	15	16
Compressor 250 bar	Breuk	22	22
	Lekkage	3	3
Lage druk buffer 250 bar	Instantaan	14	14
	Continu10min	6	6
	Continu10mm	17	17
Compressor 500 bar	Breuk	8	9
	Lekkage	2	2
Midden druk buffer 500 bar	Instantaan	18	19
	Continu10min	13	13
	Continu10mm	23	24

Onderdeel	Scenario	D-5.0	F-1.5
Compressor 1000 bar	Breuk	13	13
	Lekkage	2	2
Hoge druk buffer 1000 bar	Instantaan	13	13
	Continu10min	12	12
	Continu10mm	30	30
Dispenser 350 bar	BreukNoodstopOk	6	6
	BreukNoodstopNOK	6	6
	Lekkage	2	2
Dispenser 700 bar	BreukNoodstopOk	8	8
	BreukNoodstopNOK	8	8
	Lekkage	2	2

Tabel 15. Effectafstand tot 1% kans op overlijden

3.4 Domino effecten

Conform de handleiding risicoberekeningen Bevi dient de additionele kans van falen van installaties binnen de inrichting door invloed buiten de inrichting worden meegenomen indien deze additionele kans 10% of meer bedraagt van het catastrofaal falen (instantaan falen en 10 minuten uitstroming, zie HRB Module C 3.2.2.1). Voorbeelden van invloed van buiten zijn een neerstortend vliegtuig en falen van een windturbine. In de omgeving van de inrichting staan geen windturbine en is geen vliegveld gelegen. Deze additionele kansen zijn hiermee uitgesloten. Wel ligt in de omgeving van de inrichting een ondergrondse aardgasleiding. In deze paragraaf wordt ingegaan op zowel de invloed van buitenaf op de h2-installatie als de invloed van de h2-installatie op de ondergrondse aardgasleiding. Figuur 4 toont de ligging van de leiding, de daarbij behorende 100% letaliteit afstand en de inrichting.



Figuur 4. Ligging van de inrichting en aardgasleiding

	Invloedsgebied H2-installatie
	Ondergrondse aardgasleiding
	100% overlijden aardgasleiding

3.4.1 Invloed ondergrondse aardgasleiding op H2-installatie

De H2-installatie ligt binnen het 100% effectgebied van de leiding. 100% overlijden effectgebied komt overeen met 35 kW/m² warmtestraling. Conservatief wordt aangenomen dat langdurige blootstelling aan deze warmtestraling leidt tot falen van een insluitsysteem met waterstof. De grootste effectafstand van de H2-installatie wordt veroorzaakt door 10 mm breuk van de hoge druk buffer. De afstand hiervan is maximaal 30 meter. De afstand valt ruim binnen de 100% letaliteit afstand van de leiding. Het aanvullend falen van de H2-installatie na het falen van de aardgasleiding lijdt niet tot een groter schadebeeld.

3.4.2 Invloed H2-installatie op ondergrondse aardgasleidingen

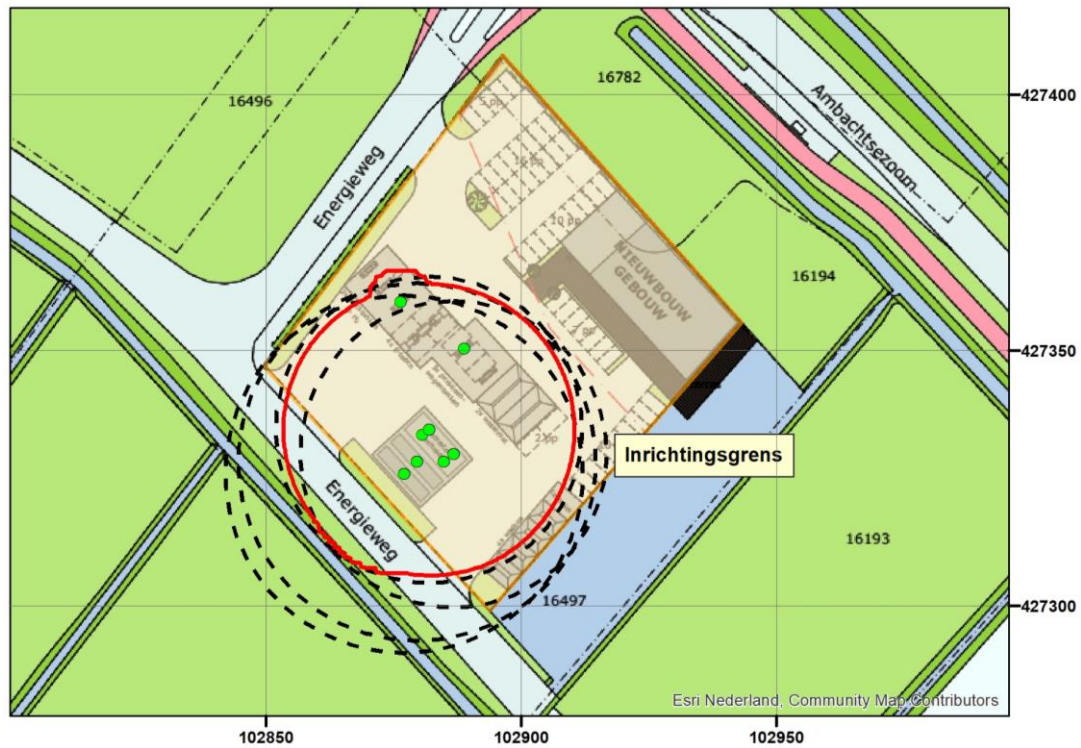
Falen van één van de onderdelen van de H2-installatie leidt tot een fakkel, maximaal 30 meter groot. Deze fakkel straalt in het ergste geval horizontaal. Hiermee kan het ondergronds gelegen aardgasleidingen niet raken. De aardgasleiding ligt ruim buiten de maximale effectafstand van de H2-installatie. Falen van de ondergrondse aardgasleidingen door een ongeval bij de H2-installatie is daarmee niet aannemelijk.

3.5 Doorkijk omgevingswet

Door het RIVM is in 2016 een memo opgesteld waarin risico- en effectafstanden voor waterstoftankstations op generieke wijze zijn bepaald [3]. Voor een tankstation met bevoorrading door een 'tankauto' is de aan te houden risicoafstand 35 m rond het vulpunt. Voor een tankstation met bevoorrading door lokale productie is de aan te houden risicoafstand 30 m rond de buffers. Deze afstanden zijn ook opgenomen in het concept Bkl (Besluit kwaliteit leefomgeving). Voor H2 zijn deze afstanden opgenomen in figuur 5 en vergeleken met de berekende contour. Bij het ingaan van de omgevingswet mogen binnen deze afstanden geen (beperkt) kwetsbare objecten aanwezig zijn of worden bestemd. Alle contouren liggen over de eigen inrichting of de bestemming Verkeer, Water of Agrarisch.

De afstanden uit de memo uit 2016 zijn berekend uitgaande van de toen verwachte layout van waterstof-tankstations. Inmiddels is duidelijk dat deze layout op enkele punten anders is dan toen verondersteld. Om deze reden heeft het ministerie I&W een onderzoek laten uitvoeren om te zien of de afstanden die nu opgenomen zijn in het concept BKL anders moeten worden [4]. Die hierboven genoemde afstanden en in figuur 5 getoonde cirkels zijn dus mogelijk niet de afstanden waar vanuit moet worden gegaan bij het in werking treden van de omgevingswet.

Bovenstaande geldt ook voor de afstand van het brandaandachtsgebied.



Figuur 5. BKL afstanden en plaatsgebonden risicocontour 10^{-6}

----- BKL afstanden
 ————— $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr

4 Beschouwing Externe veiligheid aanvoer waterstof

Dit hoofdstuk geeft een beschouwing van de externe veiligheid met betrekking tot het vervoer van gevaarlijke stoffen. Er wordt ingegaan op de vigerende route gevaarlijke stoffen en de tunnel categorieën in de omgeving.

4.1 Route gevaarlijke stoffen

Voor de aanvoer van waterstof over de weg moet worden gekeken naar de aanvoerroute. Het geplande H2-tankstation ligt aan de Ambachtsezoom in de buurt van de A16. De gemeente Hendrik Ido Ambacht heeft een besluit routing gevaarlijke stoffen vastgesteld. Hierin zijn wegen aangewezen waar voor route plichtige stoffen geen ontheffing aangevraagd dient te worden. Hieronder een uitsnede uit de publicatie uit 2009.

Samengevat regelt het besluit dat voor het vervoer over de weg van gevaarlijke stoffen de volgende wegen zijn aangewezen:

- *-Rijksweg A16, inclusief op- en afritten*
- *-Hendrik Ydenweg vanaf de kruising Langeweg tot en met de afrit vanuit de richting Dordrecht*
- *-omleidingsroute brug over de Noord (N915).*

Het vervoer van gevaarlijke stoffen naar een lokale bestemming over niet genoemde wegen kan alleen met een (evt. langlopende) ontheffing plaatsvinden.

Alle brandbare gassen (cat. 2.1 en 2.3) vallen onder de route plichtige stoffen conform Regeling vervoer over land van gevaarlijke stoffen. Waterstof valt onder cat. 2.1. Voor het vervoer van waterstof dient dus een ontheffing te worden aangevraagd vanaf de afrit A16, via de Hendrik Ydenweg en de Ambachtsezoom.

4.2 Tunnelveiligheid

Voor de (weg)tunnels in Nederland geldt een categorie indeling waaraan is gekoppeld welke stoffen niet door deze tunnels vervoerd mogen worden. In de nabijheid van het tankstation zijn er drie tunnels, de Drechtunnel (C), de Noordtunnel (C) en de Heinenoordtunnel (D). In het ADR is opgenomen dat het transport van waterstof verboden is door tunnels van categorie B, C, D en E. De tubetrailers mogen dus niet vervoerd worden door bovengenoemde tunnels. Indien de waterstof uit zuidelijke richting wordt aangevoerd moet gebruik worden gemaakt van de N3. Indien de waterstof uit oostelijke richting wordt aangevoerd moet gebruik worden gemaakt van de N915 tussen afslagen 21 en 22 van de A15.

5 Conclusie

Het voornemen is om een multifuel tankstation aan de Ambachtsezoom in Hendrik Ido Ambacht te realiseren. De inrichting bestaat o.a. uit een H2-installatie.

Voor de H2-installatie is het extern veiligheidsrisico berekend conform de landelijke voorschriften.

De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten de inrichting. Binnen de grenswaarde bevinden zich geen (geprojecteerde) (beperkt) kwetsbare objecten.

De inrichting veroorzaakt geen groepsrisico.

Referenties

1. RIVM 2021 Handleiding risicoberekeningen BEVI
Versie 4.3 gedateerd 1 januari 2021
2. RIVM 2008 Modelleren gascilinders uit Handleiding
risicoberekeningen BEVI concept versie 1.4
3. RIVM 2016 Risico- en effectafstanden waterstof tankstations
Kenmerk 20160149 VLH HAS/Sta/sij gedateerd 3
oktober 2016
4. AVIV 2022 Vaste afstanden plaatsgebonden risico PR 10-6
waterstof tankstations
Rapport 224941 november 2022