

Kwantitatieve Risicoanalyse (QRA) – aanvraag omgevingsvergunning

Ekwadraat – Mestvergistingsinstallatie North Star in Emmen

Auteurs:

[redacted]

18 oktober 2024
Projectnummer: 2021.088
Documentkenmerk: R01-2021088 - QRA biogas Emmen, Ekwadraat BV – okt2024-v5
Revisie: Definitief, versie 5.0

Oostkracht10
Leeuwenbrug 87a
7411 TH Deventer
oostkracht10.nl

OOST KRACHT 10

Revisie	Datum	Auteur	Documentbeschrijving
1.0	19 november 2021	[redacted]	Eerste uitgave, concept
2.0	1 december 2021	[redacted]	Tweede uitgave, definitief (na verwerking opmerkingen opdrachtgever)
3.0	2 februari 2022	[redacted]	Derde uitgave, definitief (na verwerking opmerkingen bevoegd gezag)
4.0	15 februari 2023	[redacted]	Vierde uitgave, definitief (na aanpassing inrichtingstekening, aanvullingen opdrachtgever en update naar model Safeti-NL, v.8.5)
5.0	18 oktober 2024	[redacted]	Verwerking opmerkingen bevoegd gezag, verwerking tankhoogtes, update model naar Safeti-NL v. 8.8

© Copyright Oostkracht10
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1 INLEIDING 6

1.1 AANLEIDING 6
1.2 DOEL VAN HET ONDERZOEK 6
1.3 GEBRUIKTE DOCUMENTEN 6
1.4 TOEGEPASTE RISICOANALYSEMETHODIEK 7
1.5 BESCHRIJVINGEN EN UITGANGSPUNTEN TOEKOMSTIGE SITUATIE 7
1.6 WETGEVING EN BELEID EXTERNE VEILIGHEID 8
1.6.1 Plaatsgebonden risico 8
1.6.2 Groepsrisico 8

2 BESCHRIJVING VAN DE INRICHTING 11

2.1 BESCHRIJVING VAN DE INRICHTING EN OMGEVING 11
2.2 PROCES- EN INSTALLATIEBESCHRIJVING 12
2.2.1 Hoe werkt de biogasinstallatie 12
2.2.2 Mobiele affakkelinstallatie 15
2.2.3 Buisleidingen 16

3 SELECTIE RELEVANTE INSLUITSYSTEMEN 17

3.1 ALGEMEEN 17
3.1.1 Definitie gevaarlijke stoffen 17
3.1.2 Gevaarlijke stoffen binnen de biogasinstallatie van North Star 17
3.1.3 Koolstofdioxide (CO_2) 18
3.1.4 Salpeterzuur (HNO_3) 18
3.1.5 Watervrije ammoniak (NH_3) 18
3.2 SUBSELECTIE 19

4 UITGANGSPUNTEN MODELLERING EN SCENARIO'S 22

4.1 ONGEVALSCENARIO'S 22
4.1.1 Scenario's opslagtanks 22
4.1.2 Scenario's gasleidingen 24
4.1.3 Scenario's compressoren 25
4.1.4 Scenario's procesvaten 26
4.1.5 Warmtewisselaars 27
4.1.6 Tankwagenverlading (CO_2 en HNO_3) 27
4.1.7 Aardgasleidingen A-605, A-605-2 en waterstofleiding X-807 28
4.2 OMGEVINGSFACTOREN 30
4.2.1 Bevolking 30
4.2.2 Meteorologische gegevens en oppervlakteruwheid 32
4.2.3 Ontstekingsbronnen 32
4.2.4 Externe beschadiging 32

5 RESULTATEN 34

5.1 PLAATSGEBONDEN RISICO 34
5.2 GROEPSRISICO 36
5.3 INVLOEDSGEBIED 37
5.4 SCENARIO'S MET DE GROOTSTE RISICOBIJDRAGE 38

6 CONCLUSIE 39

6.1 PLAATSGEBONDEN RISICO 39
6.2 GROEPSRISICO 39
6.3 INVLOEDSGEBIED 39

BIJLAGE 1. PLATTEGRONDTEKENING 40

BIJLAGE 2. TOTAALOVERZICHT INSTALLATIE EN KENMERKEN PER INSTALLATIE 41

BIJLAGE 3. TOTAALOVERZICHT ONGEVALSCENARIO'S MET FAALFREQUENTIES 42

BIJLAGE 4. MAXIMALE EFFECTAFSTANDEN 43

BIJLAGE 5. BIJDRAGE INSTALLATIE AAN HET PLAATSGEBONDEN RISICO 44

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ekwadraat BV verzorgt voor North Star in Emmen een aanvraag voor de omgevingsvergunning. Het North Star consortium is voornemens om een grootschalige co-mestvergistingsinstallatie op het voormalige GZI-terrein van de NAM aan de Phileas Foggstraat 45 in Emmen te realiseren. Dit terrein is in ontwikkeling en is ingedeeld met 3 projecten: een zonnepark, waterstofproductie door middel van elektrolyse met een waterstoftankstation en een co-mestvergistingsinstallatie (hierna: vergistingsinstallatie). Het zijn separate projecten met ieder hun eigen melding- en/of omgevingsvergunning verplichtingen.

Voor de vergistinginstallatie wordt een Wabo omgevingsvergunning Milieu aangevraagd door Ekwadraat BV namens het consortium. De productie en distributie van biogas (methaan) brengt veiligheidsrisico's voor de omgeving. In dit kader dient voor de omgevingsvergunning een kwantitatieve risicoanalyse (hierna: QRA) en een toetsing aan het Besluit risico's zware ongevallen 2015[1] (hierna: BRZO'15) met kennisgeving opgesteld te worden. Deze veiligheidsrisico's worden met onderhavige QRA inzichtelijk gemaakt en deze analyse maakt onderdeel uit van de vergunningaanvraag.

1.2 Doel van het onderzoek

Ekwadraat BV heeft aan Oostkracht10 gevraagd om dit externe veiligheidsonderzoek uit te voeren, waarbij:

- Het eerste doel van dit onderzoek is om, door middel van een QRA, de externe veiligheidsrisico's in kaart te brengen voor de realisatie van een grootschalige vergistingsinstallatie. Hierbij gaat het om het vaststellen van het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR). Getoetst wordt of er voldaan kan worden aan de normen van het PR en wat de gevolgen zijn voor het GR.
- Het tweede doel van dit onderzoek is om de bedrijfsactiviteiten van de vergistingsinstallatie te toetsen aan het BRZO'15, op basis van de aanwezige hoeveelheid gevaarlijke stoffen op inrichtingsniveau: een zogenoemde drempelwaardentoets. Onderdeel van deze toetsing is het opstellen van een BRZO-kennisgeving, conform artikel 6 van het BRZO'15.

1.3 Gebruikte documenten

Deze QRA en BRZO-toetsing en -kennisgeving zijn opgesteld met behulp van onderstaande informatie:

- 221-010-02 PFD biogas upgrading – interne markup tbv QRA (230-010-02 PFD BIOGAS UPGRADING,) 2021;
- NS-222-010-01-v0A.pdf (PLATTEGROND GAS INSTALLATIE NO RTH,) 2021;
- NS-222-010-01-v0A-KC.pdf (PLATTEGROND GAS INSTALLATIE NO RTH,) 2021;
- Project omschrijving tbv onderzoeken (interne memo, Ekwadraat BV) d.d. 11 oktober 2021;
- 20211005 - BRZO check NS (intern document, Ekwadraat BV) d.d. 11 oktober 2021.

[1] Besluit Risico's op Zware Ongevallen, 2015. Beschikbaar via: https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0036791&z=2015-07-08&g=2015-07-08

1.4 Toegepaste risicoanalysemethodiek

Voor de QRA is gebruik gemaakt van de actuele 'Handleiding Risicoberekening Bevi' (RIVM, versie 4.3, d.d. 1 januari 2021, hierna: Hari). Hierin is beschreven hoe een QRA uitgevoerd dient te worden voor installaties en activiteiten met gevaarlijke stoffen:

1. Eerst worden de installaties die significant bijdragen aan het externe veiligheidsrisico geselecteerd voor stoffen die onder normale bedrijfsomstandigheden giftig, brandbaar of explosief zijn;
2. Van de geselecteerde installaties worden scenario's vastgesteld, waaraan faalkansen zijn gekoppeld. De ongevalscenario's komen voort uit de Hari, specifiek uit Module C. Deze module omvat alle tabellen waar in hoofdstuk 3, *Selectie relevante insluitsystemen*, naar wordt verwezen;
3. Op basis van de ongevalscenario's en gedetailleerde gegevens over de installaties worden de externe veiligheidsrisico's berekend met behulp van het actuele rekenmodel van Safeti-NL (versie 8.5). Dit is het wettelijk voorgeschreven risicoberekeningsmodel voor QRA's. Safeti-NL berekent het plaatsgebonden risico (PR), het groepsrisico (GR) en de maximale effectafstanden:
    a. Het plaatsgebonden risico (PR) geeft de overlijdenskans van een individu in de vorm van contouren op een plattegrond rondom de beschouwde inrichting;
    b. Het groepsrisico (GR) houdt rekening met de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep met *N* of meer personen in de directe omgeving van de inrichting tegelijkertijd het slachtoffer zou kunnen worden bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen;
    c. De maximale effectafstand is de grootste afstand tussen de locatie van een incident met gevaarlijke stoffen en de locatie waar nog een kans bestaat op dodelijke slachtoffers. De 1%-letaliteitafstand wordt gezien als de relevante maximale effectafstand bij een QRA.
4. Deze berekende risico's en effectafstanden worden vervolgens getoetst aan de eisen uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi).

1.5 Beschrijvingen en uitgangspunten toekomstige situatie

In de beschrijvingen in de hoofdstukken 3 (*Selectie relevante insluitsystemen*) en 4 (*Uitgangspunten modellering en scenario's*) wordt uitgegaan van de toekomstige situatie met de aangevraagde wijzigingen.

Een plattegrondtekening van de inrichting is opgenomen in Bijlage 1 van dit rapport. Relevante kenmerken van de installaties en activiteiten voor de bestaande situatie, zoals gehanteerd in de risicoberekeningen, zijn opgenomen in hoofdstuk 3 samen met Bijlage 2 en hoofdstuk 4 samen met Bijlage 3.

1.6 Wetgeving en beleid Externe Veiligheid

Op 27 oktober 2004 is het Bevi van kracht geworden. Tegelijkertijd met dit besluit is een bijbehorende ministeriële regeling gepubliceerd (Revi[2]), welke onder andere tabellen met veiligheidsafstanden en rekenvoorschriften bevat. Sinds 2004 zijn het Bevi en Revi diverse malen herzien en aangevuld. In de onderstaande paragrafen wordt een korte samenvatting gegeven van het Bevi.

Het risicobeleid in het Bevi zijn de waarden voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico wettelijk verankerd:

- Plaatsgebonden risico (PR): dit is het risico op een specifieke locatie. Door middel van iso-risicocontouren, waarbij punten met gelijk risico worden verbonden tot een contour, worden de risico's op een kaart inzichtelijk gemaakt.
- Groepsrisico (GR): aan de hand van de personendichtheid in het invloedsgebied van een inrichting kan de kans op een incident met meerdere doden inzichtelijk worden gemaakt. Hiervoor wordt de zogeheten fN-curve berekend waarin de kans op het aantal dodelijke slachtoffers wordt uitgezet tegen het aantal doden.

Bij de toetsing aan het PR en GR gelden grens- en richtwaarden die getoetst worden op de ligging van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten. De definities van een kwetsbaar- en beperkt kwetsbaar object worden gegeven in artikel 1, lid 1 onder l resp. onder b van het Bevi en in Tabel 1 van dit rapport.

1.6.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico beschrijft de kans op overlijden van een persoon in de vorm van iso-risicocontouren op een plattegrond. Het geeft, met andere woorden, aan wat de exacte kans is dat een persoon overlijdt wanneer hij zich, onbeschermd, in het op de plattegrond aangegeven gebied bevindt. Bij het berekenen van het risico wordt ervan uit gegaan dat een persoon zich 24 uur per dag op deze plek bevindt.

Kwetsbare objecten:

- PR hoger dan 10^{-6} per jaar: niet toegestaan / saneringssituatie;
- PR lager dan 10^{-6} per jaar: toegestaan.

Beperkt kwetsbare objecten:

- PR hoger dan 10^{-6} per jaar: niet toegestaan, tenzij er zwaarwegende argumenten aanwezig zijn waardoor hiervan kan worden afgeweken;
- PR lager dan 10^{-6} per jaar: toegestaan.

1.6.2 Groepsrisico

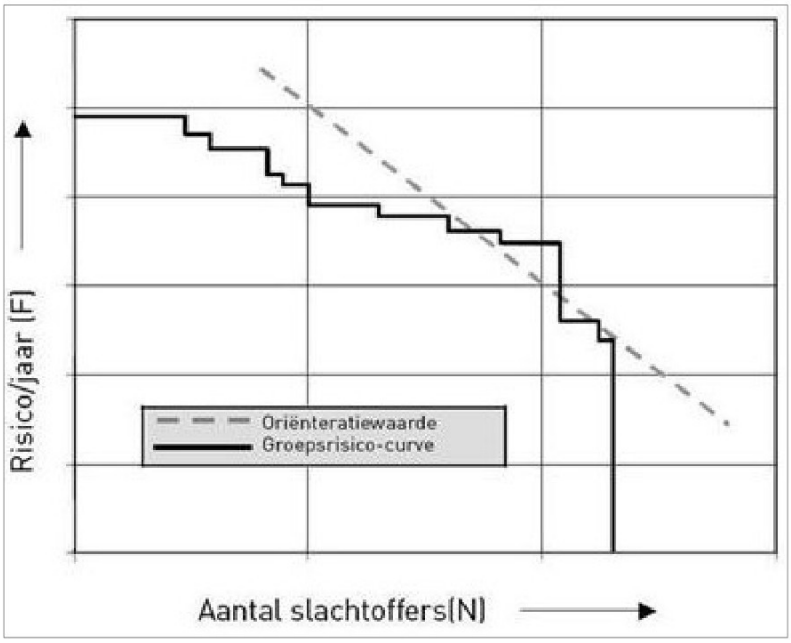
Het groepsrisico ligt in het verlengde van het plaatsgebonden risico en gaat uit van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep personen tegelijkertijd slachtoffer kunnen worden door toedoen van een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Het groepsrisico kent, in vergelijking tot het

[2] Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi), geldend van 01-04-2020 t/m heden. Beschikbaar via: https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0017168&z=2020-04-01&g=2020-04-01

plaatsgebonden risico, echter geen strikte normering. Wel wordt er uitgegaan van een oriëntatiewaarde, die recht doet aan risicoaversie: hoe groter de ramp, hoe lager de acceptabele kans. De oriëntatiewaarde geeft een eerste inzicht in het niveau van het risico.
Om het groepsrisico te beoordelen, dient het bevoegd gezag daarnaast onder andere aan te geven:

- hoe groot de personendichtheid in het invloedsgebied van de inrichting is (begrensd door 1% letaliteit) en hoe deze eventueel wijzigt in de toekomst;
- de mogelijke maatregelen die van invloed zijn op het groepsrisico en op welke wijze deze zijn meegenomen in het onderzoek;
- hoe rekening is gehouden met aspecten als rampenbestrijding, zelfredzaamheid van personen in het invloedsgebied en beheersbaarheid van de ramp bij een eventuele calamiteit.

Dit is de zogenaamde verantwoording van het groepsrisico conform de Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico (VROM, versie 1.0, november 2007). Als de oriëntatiewaarde wordt overschreden, kan toch een vergunning worden verleend. In alle gevallen moet door het bevoegd gezag invulling worden gegeven aan de verantwoordingsplicht. In Figuur 1 is de oriëntatiewaarde weergegeven.



Figuur 1: Oriëntatiewaarde voor het groepsrisico volgens Bevi (Infomil, z.j.)

Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten
Bij de normstelling in het Bevi[3] wordt onderscheid gemaakt tussen kwetsbare- en beperkt kwetsbare objecten:

[3] Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), geldend van 01-01-2016 t/m heden. Beschikbaar via: https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0016767&paragraaf=1&artikel=1&z=2016-01-01&g=2016-01-01

- Kwetsbare objecten zijn objecten die vanwege hun functie of vanwege de aanwezigheid van veel personen, mogelijk ook 's nachts, beschermd moeten worden (Art. 1, lid f onder 1 van het Bevi);
- Beperkt kwetsbare objecten zijn objecten die vanwege de aard en beperkte aantallen personen en verblijftijd hiervan, ervan iets minder bescherming nodig hebben dan kwetsbare objecten (Art. 1, lid b onder 1 van het Bevi).

Voor beide categorieën objecten geldt dat het bevoegd gezag gemotiveerd objecten aan de lijst kan toevoegen, op basis van de laatste items in de opsomming in onderstaande Tabel 1. Objecten die niet onder een van beide categorieën kunnen worden ingedeeld, worden vanuit het oogpunt van externe veiligheid niet als kwetsbaar beschouwd. De normen uit het Bevi zijn op dergelijke objecten niet van toepassing.

Tabel 1. Kwetsbare- en beperkt kwetsbare objecten.

Kwetsbare objecten	Beperkt kwetsbare objecten
Woningen	Verspreid liggende woningen (2/ha)
Ziekenhuizen, bejaarden- en verpleeghuizen e.d.	Dienst- en bedrijfswoningen
Scholen en dagopvang minderjarigen	Kantoorgebouwen (< 1.500 m^2)
Kantoorgebouwen en hotels (> 1.500 m^2)	Hotels en restaurants (< 1.500 m^2)
Winkelcentra (> 1.000 m^2 > 5 winkels)	Winkels
Winkel met supermarkt (> 2.000 m^2)	Sport-, kampeer- en recreatieterreinen (< 50 personen)
Kampeer- en verblijfsrecreatieterrein (> 50 personen)	Bedrijfsgebouwen
Andere gebouwen met veel personen	Equivalente objecten en objecten met hoge infrastructurele waarde

Opgemerkt dient te worden dat bedrijfsgebouwen als beperkt kwetsbare objecten worden aangemerkt. Bedrijfsgebouwen behorende bij inrichtingen die onder het Bevi vallen worden echter niet als beperkt kwetsbaar object aangemerkt bij de toepassing van de normen voor het plaatsgebonden risico.

2 Beschrijving van de inrichting

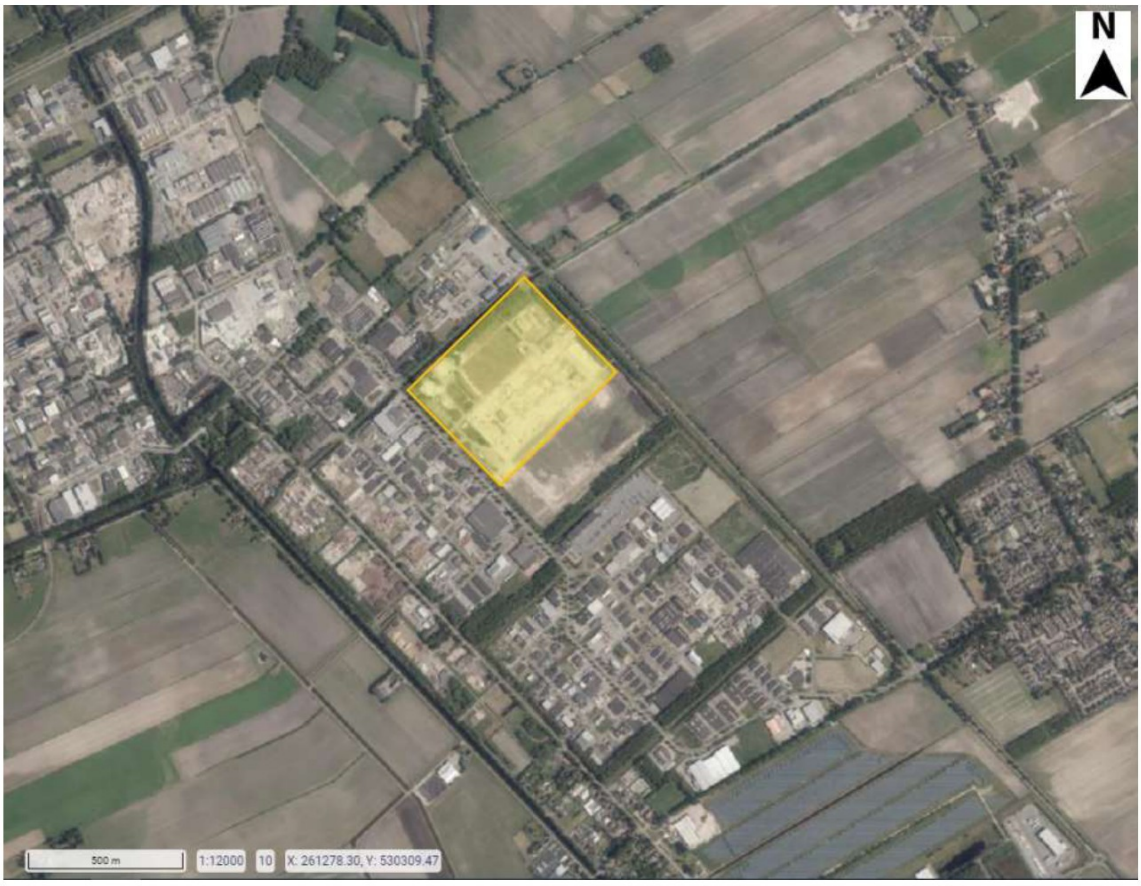
In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven over de omgeving van de inrichting en een korte procesbeschrijving gegeven.

2.1 Beschrijving van de inrichting en omgeving

Voor de inrichting van North Star in Emmen wordt een omgevingsvergunning gevraagd voor het in werking hebben van een vergistingsinstallatie. De hoofdactiviteit in deze inrichting is het vergisten van dierlijke mest en zowel vaste- als vloeibare co-producten, ofwel reststromen uit de agrarische- en voedingsmiddelenindustrie. Er zal jaarlijks maximaal 662.500 ton aan biomassa (mest en co-producten) worden verwerkt. Bij het vergistingsproces ontstaat biogas en digestaat. Het biogas wordt opgewaardeerd naar groen gas, bij het opwaardeerproces komt ook koolstofdioxide (CO_2) vrij. Het vrijkomende CO_2 wordt opgevangen, vervloeit, opgeslagen en afgevoerd naar derden of geëmitteerd naar de lucht. Het gereinigde biogas of -methaan wordt geïnjecteerd in het aardgasdistributienetwerk. Het digestaat wordt verder bewerkt, door het scheiden in dunne- en dikke fractie digestaat en verdere bewerking door middel van indamping voor dunne fractie en compostering voor dikke fractie digestaat. Het digestaat wordt uiteindelijk als meststof verhandeld en toegepast bij agrarische bedrijven.
Het ontvangststation en de gehele vergistingsinstallatie zullen gedurende het hele jaar in bedrijf zijn, maar alleen overdag is de installatie bemand. De aan- en afvoer van biomassa en digestaat vindt alleen plaats tijdens de bemande uren (6:00 – 22:00 uur, maandag t/m zaterdag).

De vergistingsinstallatie zal worden gerealiseerd op het voormalige GZI-terrein van de NAM (ca. 6,5 ha) aan de Phileas Foggstraat 45 in Emmen, op het industrieterrein Bargermeer Zuid. Het GZI-terrein is aangesloten op het leidingensysteem van Gasunie. Direct aan de noordzijde van dit terrein bevindt zich het Bargerkanaal. Op enige afstand ten westen (ca. 600 meter) van het terrein ligt het Oranjekanaal. Aan de zuid- en westzijde en het grootste gedeelte van de noordzijde grenst dit terrein aan andere bebouwde, industriële bedrijfsterreinen. Aan de oostzijde is de omgeving grotendeels onbebouwd, net als aan een groot gedeelte van de noordzijde van het terrein.

Het stadscentrum van Emmen bevindt zich op ongeveer 4 kilometer afstand ten noordwesten van de beoogde inrichtingslocatie. De woonkern Nieuw-Dordrecht ligt op kortere afstand, namelijk op 1,2 kilometer ten zuidoosten van dit terrein. Zie Figuur 2 voor een impressie van de omgeving en de ligging van het terrein, waar de vergistingsinstallatie van North Star wordt gerealiseerd.



Figuur 2: Beoogde ligging vergistingsinstallatie op terrein North Star in Emmen, bron: PDOK viewer (luchtfoto 25 cm).

2.2 Proces- en installatiebeschrijving

De inrichting is onderverdeeld in diverse vergistings- en voorraadtanks, proceshallen en opwerkingsinstallaties. In Bijlage 1 is een overzichtstekening opgenomen van de inrichting met daarop weergegeven de aanwezige afdelingen en ruimtes. In de volgende paragrafen wordt het (productie)proces nader toegelicht.

2.2.1 Hoe werkt de biogasinstallatie

Door het toevoegen van een vloeibare stroom met biomassa in de vergisterprocestanks (vergisters) ontstaat ruw biogas, dat voor ongeveer 60% uit methaan (CH_4) en voor 40% uit koolstofdioxide (CO_2) bestaat. Daarnaast bevat ruw biogas kleine hoeveelheden waterstofsulfide (H_2S; < 200 ppm), ammoniak (NH_3) en vluchtige organische koolwaterstoffen (VOC's).

Bij vergisting wordt organisch materiaal middels een anaeroob (ofwel zuurstofloos) proces afgebroken en omgezet naar ruw biogas, wat voornamelijk bestaat uit CO_2 en CH_4 (40%, resp. 60%). Dit proces vindt plaats in grote geroerde tanks bij milde omstandigheden (lichte overdruk van enkele millibar, temperatuur ca. 40 °C). Vergisting is een relatief langzaam proces, waardoor een relatief groot volume nodig is om tot een zo volledig mogelijke afbraak te komen.

Het vergistingsproces wordt in de te realiseren mestvergistigingsinstallatie van North Star uitgevoerd in een aantal stappen:

1. Alle substraat (dierlijke mest en co-producten) wordt eerst in een aantal centrale hydrolyse buffers gepompt waar de eerste stap, ofwel de hydrolyse, van het vergistingsproces start. Vanuit de hydrolyse-buffer wordt het substraat naar een aantal parallel geschakelde hoofdvergisters (8 stuks) gepompt alwaar de bulk van de biogas productie zal plaatsvinden;
2. Vanuit deze hoofdvergisters wordt het digestaat naar twee thermofiele navergisters gepompt, die zijn ingeregeld op een temperatuur van circa 55 °C. Tevens wordt het dusdanig geopereerd dat een gegarandeerde minimale verblijftijd van 4,5 uur optreedt (de gemiddelde verblijftijd is een aantal dagen). Doel van deze stap is primair om het digestaat te hygiëniseren, hetgeen een eis is voor export, anderzijds zal ook extra ruw biogas worden geproduceerd met deze stap;
3. Na de thermofiele vergistingsstap (stap 2) wordt het digestaat in de mesofiele navergisters (2 stuks) gebracht, waarin door warmtewisselaars de warmte van dit proces wordt teruggewonnen. Tevens wordt er op deze manier voor gezorgd dat het digestaat volledig is 'uit-vergist'. Het warmtewisselaarsysteem zorgt ervoor dat de restwarmte wordt afgegeven aan de nog te vergisten biomassa en het digestaat verder wordt afgekoeld zodat het vergistingsproces en biogasvorming afsterft. Het vloeibare ontgaste digestaat wordt naar de digestaat scheiding verpompt;
4. Het geproduceerde ruw biogas wordt via een gesloten systeem van leidingen vanuit de navergisters naar de biogas-opwerkingsinstallatie geleid. Dit leidingsysteem ligt onder afschot, met op de laagste punten de condenswaterputten. Deze putten zijn voorzien van een pomp die het condenswater periodiek naar een kelder in Gebouw 1 verpompt. Via deze kelder wordt het condenswater vervolgens weer via de mengtanks terug het vergistingsproces in gebracht;
5. Binnen de biogas-opwerkingsinstallatie wordt het ruwe biogas (40% CO_2 en 60% CH_4) opgewerkt naar kwalitatief (zuiver) aardgas/biomethaan via een aantal stappen:
    a. Allereerst vindt een voorbehandeling plaats, waarbij het biogas wordt gekoeld waardoor (condens)water en anorganische verontreiniging uit het gas worden gecondenseerd;
    b. Hierna wordt het biogas door een aantal 'actief kool polishing filters' geleid om de laatste resten H_2S, NH_3 en eventuele verontreinigen met VOC's te verwijderen;
    c. Na de voorbehandeling wordt het biogas met compressors op druk gebracht tot max 16 bar(g). Dit is nodig om de juiste condities te bereiken voor verdere gasbehandeling. Na de compressie is wederom een koelstap nodig en hierbij zal water in het biogas worden gecondenseerd. Alle condenswater uit de eerste- en tweede behandelingsstap wordt afgevoerd naar de condenswaterput onder Gebouw 1;
    d. Na compressie wordt het grootste deel van de CO_2 uit het biogas verwijderd. Deze verwijdertechniek voor CO_2 wordt ook gebruikt om de laatste waterresten uit het biogas te verwijderen. Na deze stap is het gas "on spec" en daarmee geschikt voor injectie in het openbare gasnetwerk.

Productie van gezuiverd- of gereinigd biogas of -methaan

Voordat gasinjectie in het aardgasdistributienet kan plaatsvinden, vindt kwaliteits- en debietmonitoring plaats. Hiertoe is een zogenaamde poortwachter voorzien. Indien het gas binnen de wettelijk gestelde specificaties valt, vindt injectie en overdracht naar de netbeheerder plaats. Indien het gas niet aan de kwaliteitseisen voldoet, zogenaamd "off spec" gas, zal het gezuiverde gas teruggevoerd worden naar de vergisters. In uitzonderlijke

gevallen kunnen vanuit de vergisters de aanwezige fakkelinstallaties worden geactiveerd. Dit zal alleen gebeuren als de gasbuffers vol zitten.

De intentie is om het zuiver biogas of -methaan via een buisleiding te injecteren in de voormalige en (dus) reeds aanwezige GZI-productieleiding. Om dit mogelijk te maken zal na de gasopwerking en kwaliteitscontrole een additionele compressor worden geplaatst, in combinatie met een koeler om het gas op de juiste druk en temperatuur te kunnen injecteren. Het gereinigde- en gedroogde methaan wordt vervolgens doorgeleid naar het ontvangststation. Het opgewerkte methaangas wordt aangeleverd op het aardgasnet van de Gasunie, bij een druk van 66 bar(g). Dit ontvangststation staat vlakbij de biogasopwerkingsinstallatie en de terreingrens, bij de bestaande aansluiting op het aardgasnet vanaf het voormalig NAM-terrein. Het doel van de installatie is om te meten en de kwaliteit te waarborgen van het verbeterde biogas en gasgeurstoffen toe te voegen voordat het wordt ingevoerd in het gasnet.

Productie van koolstofdioxide (CO_2)
Uit de biogasopwerkingsinstallatie komt een geconcentreerde stroom CO_2-gas vrij, met als belangrijkste vervuilingen water, methaan, stikstof en zuurstof. Het is de intentie om CO_2 te reinigen en te vervloeien (ofwel het gas tot vloeistof te verdichten) in de CO_2 terugwininstallatie, zodat deze elders nuttig ingezet kan bijvoorbeeld in kassen. Het CO_2 wordt eerst van een lage druk (5 mbar(g)) naar een druk van maximaal 25 bar(g) gebracht door een compressor. Hierna wordt CO_2 gekoeld en door middel van adsorptie gedroogd in een adsorptiekolom. Na droging wordt CO_2 verder gekoeld en vervloeid in een vervloeiingsinstallatie. Hierbij worden eventuele vervuilingen (methaan, stikstof, zuurstof en water) uit de vloeibare CO_2 gestript. Deze stoffen worden gebruikt om de adsorptiekolom te regenereren en vervolgens weer teruggevoerd naar de gasopwerkingsinstallatie.

Het geproduceerde, vloeibare CO_2 wordt opgeslagen in twee opslagtanks van elk 250 ton, dus de totale opslagcapaciteit voor CO_2 bedraagt op inrichtingsniveau 500 ton. Vanuit deze opslagtanks wordt vloeibaar CO_2 in vrachtwagens geladen middels een pomp. In het geval dat de CO_2-terugwininstallatie in onderhoud of in storing is, zal CO_2 vanuit de gasopwerking naar de atmosfeer worden geëmitteerd.

Alle tanks, leidingsystemen en processen zijn gesloten uitgevoerd. Tabel 2 bevat een overzicht met alle relevante gegevens (kengetallen) van deze installatie; deze gegevens worden in meer detail toegelicht in het aanvraagdocument Omgevingsvergunning milieu.

Tabel 2: Kengetallen van de biogasinstallatie van North Star in Emmen.

Grondstoffen	**Hoeveelheid per jaar (maximaal)**
Totale invoer van mest en co-producten	662.500 ton
Tussenstof	**Hoeveelheid per jaar**
Ruw biogas (60% CH_4 & 40% CO_2)	66,4 miljoen Nm^3 (max 8.000 m^3/uur)
Zuiver biogas of -methaan (100% CH_4)	40 miljoen Nm^3 (max 5.000 m^3/uur)
Digestaat	600.000 ton
Eindstoffen	**Hoeveelheid per jaar (maximaal)**
Groen gas (methaan)	40 miljoen Nm^3
CO_2 (vloeibaar)	45.000 ton
Gedroogd digestaat	125.000 ton

Concentraat	35.000 ton
Loosbaar water (condensaat)	200.000 ton
ASL (Ammonium Sulfate Liquid)	25.000 ton
Vloeibaar digestaat	200.000 ton

Hulpstoffen	Locatie - opslagwijze en grootte	Hoeveelheid per jaar
Zwavelzuur 98%	4 tanks van elk max. 45 m^3	6.000 ton
Vlokmiddel	Tank van max. 45 m^3	1.000 ton
Waterijzer slib	In gebouw 1	6.000 ton
Natronloog (30% NaOH)	Tank van max. 45 m^3	200 ton
Salpeterzuur (53% HNO_3)	Tank van max. 10 m^3	150 ton
Zoutzuur (30% HCl)	Tank van max. 45 m^3	150 ton
Antiscalant	1.000 L in IBCs	10 m^3
Actief kool	Geen opslag, op afroep	100 ton
Anti-schuimmiddel	1.000 L in IBCs	10 m^3
Smeerolie	10 opslagvaten van elk 200 L	800 L
Dieselolie	Dubbelwandige tank 5 m^3	7 m^3
THT	100 liter vat	1.600 liter
Elektriciteit		42.000 MWh (vollast x 8.300 uur)
Aardgas		2 miljoen Nm^3
Hemel/proceswater (o.a. luchtwassers en biobed)		150.000 m^3

Voor de BRZO-kennisgeving en bijbehorende BRZO-toets is bepaald welke hulpstoffen relevante gevaarseigenschappen (ofwel H-zinnen) hebben conform het BRZO'15. Dit betreft uit bovenstaande tabel de volgende stoffen:

- Ruw biogas (ontvlambaar gas);
- Tetrahydrothiopheen, THT (ontvlambare vloeistof);
- Salpeterzuur (oxiderende vloeistof);
- Gereinigd biogas of -methaan (ontvlambaar gas).

Op basis van de maximale hoeveelheden aan bovengenoemde stoffen die dagelijks, tegelijkertijd op inrichtingsniveau aanwezig kunnen zijn, betreft de aangevraagde biovergistingsinstallatie een *lage drempelinrichting* conform het BRZO'15 (PBZO-plichtig). De BRZO-kennisgeving en -toets zijn uitgewerkt in separate documenten.

2.2.2 Mobiele affakkelinstallatie

In exceptionele gevallen, bijvoorbeeld in geval van storingen, reparatie of onderhoud bij de gasopslag of -reiniging, wanneer de gasbuffers vol zitten kan het biogas in een fakkelinstallatie worden verbrand. De gasfakkel is een veiligheidsvoorziening die het geproduceerde biogas verbrandt, zodat zich geen explosief mengsel in de vrije lucht kan vormen. Deze affakkelinstallaties is voorzien van twee fakkels, met een totale capaciteit van 8.000 m^3/uur (4.000 m^3/uur per fakkel). De gasfakkels zijn uitgerust met een automatisch ontstekingsmechanisme en periodieke herontbranding. De affakkelinstallatie is dus ontworpen om de totale productie van biogas van de installatie af te branden in geval van een storing en/of noodgevallen.

2.2.3 Buisleidingen

2.2.3.1 Biogasleidingen

In het hele proces van vergisting naar aflevering op het gasnet is sprake van transport door een aantal ondergrondse buisleidingen. Vanaf de acht vergisterprocestanks lopen twee verzamelleidingen naar de vier navergistertanks bij lichte overdruk (ca. 5 mbar) en temperatuur (ca. 40 °C). Vanuit de navergisters stroomt ruw biogas verder naar de biogasopwerkingsinstallatie. Hier bevindt zich eerst een compressor, die de druk opvoert van 5 mbar(g) naar 500 mbar(g) en een warmtewisselaar, die ruw biogas afkoelt van 55 °C naar 20 °C.
Een tweede compressor voert de druk van ruw biogas vervolgens op van 500 mbar(g) naar 16 bar(g). Vervolgens wordt CO_2 verwijderd uit het ruwe biogas middels membranen en ontstaat gereinigd biogas. Hierna bevindt zich een additionele compressor en warmtewisselaar, die het zuivere biogas naar het ontvangststation leidt, waar het gas op de juiste temperatuur en druk wordt aangeleverd op de reeds aanwezige GZI-productieleiding (N-566-02) en vervolgens het aardgasnetwerk van de Nederlandse Gasunie (66 bar(g)) kan aanleveren.

2.2.3.2 CO_2-leidingen

Daarnaast is in de richting een bovengrondse CO_2-gasleiding met een diameter van 400 mm en flow van 3.000 Nm^3/uur voor het transport van koolstofdioxidegas (CO_2) aanwezig. De geschatte lengte van deze leiding is 112 meter, zoals ingetekend in de plattegrondtekening in Safeti-NL (‘worst-case’).

2.2.3.3 Hogedruk gastransportleidingen

In de directe omgeving van de mestvergistingsinstallatie bevindt zich de bestaande, ondergrondse hogedruk aardgastransportleiding A-605 (Nederlandse Gasunie) over het terrein (ontwerpdruk 79,9 bar(g) en diameter van 30 inch, ofwel 762 mm). Deze zal in de toekomst in gebruik blijven voor het transport van aardgas.

Daarnaast zal over het terrein van North Star met de te realiseren mestvergistingsinstallatie een vertakking van de aardgasleiding A-605 worden aangeleverd, namelijk de A-605-02 (ontwerpdruk 79,9 bar(g) en diameter van 6 inch, ofwel 152,4 mm). Ook is een nieuwe leiding voor het transport van waterstof vergund, die parallel ligt aan de leiding A-605-02: X-807. Deze leiding heeft een ontwerpdruk van 66,2 bar(g) en diameter van 6 inch (ofwel 152,4 mm).

3 Selectie relevante insluitsystemen

3.1 Algemeen

De (sub)selectie heeft tot doel de insluitsystemen binnen de inrichting aan te wijzen die het meest bepalend zijn voor het externe risico en dus in de QRA moeten worden meegenomen.
Een insluitsysteem wordt in de Hari omschreven als een of meerdere toestellen, waarvan de eventuele onderdelen blijvend met elkaar in open verbinding staan en bestemd om één of meerdere stoffen te omsluiten. Voor de subselectie is bepalend dat een "Loss of Containment" (LoC) in één insluitsysteem niet leidt tot het vrijkomen van significante hoeveelheden gevaarlijk stof uit andere insluitsystemen.
Zoals eerder beschreven wordt de selectie en daarmee de QRA uitgevoerd voor stoffen, die onder normale bedrijfsomstandigheden brandbaar, explosief of toxisch zijn.

3.1.1 Definitie gevaarlijke stoffen

Conform de Hari is een brandbare stof een stof die een procestemperatuur heeft die gelijk is aan of hoger is dan het vlampunt. Een stof wordt als toxisch gezien, indien de LC_{50} (rat, inhalatie, 1 uur)-waarde van de stof lager is dan 20.000 mg/m^3. Onder explosieve stoffen wordt verstaan:

1. Stoffen en preparaten die ontploffingsgevaar leveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken (waarschuwingszin R2/H220);
2. Pyrotechnische stoffen: een stof of mengsel van stoffen die of dat tot doel heeft warmte, licht, geluid, gas of rook of een combinatie van dergelijke verschijnselen te produceren door middel van niet-ontploffende, zichzelf onderhoudende exotherme chemische reacties;
3. Ontplofbare of pyrotechnische stoffen en preparaten die in voorwerpen zijn vervat;
4. Stoffen en preparaten die ernstig ontploffingsgevaar opleveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken (waarschuwingszin R3/H220).

3.1.2 Gevaarlijke stoffen binnen de biogasinstallatie van North Star

De stoffen die betrokken zijn bij het proces en eventueel als gevaarlijk kunnen worden aangemerkt zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Tabel 3: Toetsing gevaarlijke stoffen op relevantie voor de QRA

Stof	H-zinnen (toxisch of ontvlambaar)	Ontvlambaar	Giftig	Relevant voor QRA
Ruw biogas (200 ppm H_2S; 60% CH_4/40% CO_2) *	H220	Ja	Nee	Ja
Gereinigd biogas of -methaan (100% CH_4)	H220	Ja	Nee	Ja
Geconcentreerd, vloeibaar CO_2	-	Nee	Ja	Ja
Tetrahydrothiofeen (THT)	H225	Ja	Nee	Ja
Waterstofsulfide (H_2S)	H220, H330	Ja	Ja	Ja
Salpeterzuur	H330	Nee	Ja	Ja
Watervrije ammoniak (NH_3)	H221, H331	Nee#	Ja	Ja

*In Safeti-NL is uitgegaan van een 'worst-case' verhouding van 60% CH_4 en 40% CO_2 in ruw biogas (grootste brandbare fractie CH_4 in dit mengsel).
#Watervrije ammoniak (CAS 7664-41-7) is weliswaar als brandbaar gas (H221) geclassificeerd, maar is een anorganisch gas waarvoor geen vlampunt is afgeleid[4]. Daarom volgt uit de Hari dat deze stof als relevant voor de QRA wordt beschouwd op basis van 'ontvlambaar'; de procestemperatuur (-30 °C) kan namelijk niet met een vlampunt vergeleken worden.

[4] Stofinformatie voor watervrije ammoniak (CAS 7664-41-7) volgens ECHA-database. Bron: https://echa.europa.eu/nl/registration-dossier/-/registered-dossier/15557/4/12

3.1.3 Koolstofdioxide (CO_2)

Hoewel geconcentreerd, vloeibaar CO_2 onder normale omstandigheden (atmosferische druk en gemiddelde buitentemperatuur van 9,8 °C, conform de HARI) niet toxisch/giftig is, geldt dat deze stof in twee tanks met een capaciteit van elk 250 ton (totaal: 500 ton) wordt opgeslagen, bij een druk van 25 bar. Bij deze omstandigheden kan, in geval van calamiteiten of incidenten tijdens bedrijfsactiviteiten, een toxicologisch significante concentratie ontstaan (> 5.000 ppm ofwel 9.000 mg/m^3; de 8-uurs grenswaarde voor werknemers[5]). Om deze reden is deze stof toch meegenomen in deze QRA.

CO_2 is een stof die niet standaard geclassificeerd is als giftig via inhalatie, zoals aangeduid met H330 of H331, volgens de ECHA[6]. Wel leiden zeer hoge concentraties (> 100.000 mg/m^3 gedurende 1 uur[7]) mogelijk tot letale effecten buiten de inrichtingsgrens. De stof is niet in de standaard stoffendatabase van Safeti-NL opgenomen. Het RIVM geeft aan dat de probitrelatie die is gebaseerd op een rapport van de HSE voldoende conservatief is en gebruikt kan worden voor risicoberekeningen[8]. Het gebruik van de HSE probitrelatie geeft dus een veilige inschatting van de risico's van kooldioxide. Deze probit is gehanteerd in de modellering in Safeti-NL.

3.1.4 Salpeterzuur (HNO_3)

De stof salpeterzuur (HNO_3) is, op advies van het RIVM, op een alternatieve wijze gemodelleerd in deze QRA. Deze stof zal in de inrichting aanwezig zijn als waterige oplossing met een concentratie van 53% en niet in pure, roodrokende vorm. Voor waterige oplossingen moet de bronterm van de stof die uit de oplossing verdampt, met een externe berekening worden bepaald (zie par. 3.6.4 van Module B van de Hari). Vervolgens moet met behulp van de dampspanning, afhankelijk van temperatuur en concentratie, en de plasgrootte de bronterm van HNO_3 bepaald worden. De bronterm HNO_3 kan vervolgens worden omgerekend naar stikstofdioxide (NO_2). Deze hoeveelheid wordt vervolgens ingevoerd als 'user defined source' (*release scenario pool source (radius)*). In deze 'user defined source' moet ook de plasgrootte weer worden ingevoerd.

Voor de gemodelleerde tank is NO_2 als 'material' worden gekozen bij een temperatuur van 21,2 °C, omdat deze stof anders niet gasvormig is. Ook moet de inhoud ('mass inventory') gekozen worden, maar de exacte waarde doet er niet toe, omdat de bronterm door de onderliggende 'user defined source' wordt bepaald. Overigens zal zodra de stof HNO_3 vrijkomt in de lucht in dezelfde hoeveelheid stof (in mol) worden omgezet in NO_2.

3.1.5 Watervrije ammoniak (NH_3)

Bij de koeling van CO_2 in de daarvoor bestemde, inpandige vervloeiingsinstallatie (gebouw 5) zal watervrije ammoniak worden gebruikt in een hoeveelheid van maximaal 2.500 kg. De installatie is uitgevoerd conform de PGS13. De druk in het systeem zal tussen de 15 en 20 bar(g) bedragen bij een procestemperatuur van -30 °C. De

---

[5] Bron: RIVM, RVS Zoeksysteem (geraadpleegd 18 nov. 2021), zie: https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/858

[6] Stofinformatie voor CO_2 (CAS 124-38-9) volgens ECHA-database. Bron: https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/131271

[7] Voor CO_2 is de levensbedreigdende waarde (LBW) voor 1 uur: 100.000 mg/m^3. Bron: https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/858

[8] Bron: 'Comparison of risks from carbon dioxide and natural gas pipelines. Report RR 749. HSE 2009'.

leidingdiameter bedraagt 1.270 mm ofwel 50 inch (DN 50).
Alle ammoniakvoerende onderdelen zijn opgesteld in de machinekamer of productiekamer in gebouw 5 (separaat brandcompartiment), met uitzondering van zowel de condensor met verbindend leidingwerk en de leidingen van en naar de verdampers, die met de buitenlucht in verbinding staan.

Dit komt overeen met 'opstellingsuitvoering 2' uit tabel 3 van Bijlage 2 uit de Revi voor koel- of vriesinstallaties en warmtepompen met ammoniak als koudemiddel[9]. Uit bovengenoemde tabel volgt dat voor de ammoniak-koelinstallatie die onderdeel uitmaakt van de CO_2-vervloeiingsinstallatie in gebouw 5 geen invloedsgebied geldt. Conform par. 2.3.3 uit Module C van de Hari betekent dit dat deze installatie geen bijdrage levert aan de externe veiligheidsrisico's.

3.2 Subselectie

Gekozen is om de systemen met een voor de QRA relevante component, allen mee te nemen in de QRA (zie par. 3.1). Hierbij is een uitzondering gemaakt voor de volgende onderdelen:

- Het zeer korte leidingwerk tussen alle vergisterprocestanks en de verzamelleidingen en binnen de biogas-opwerkingsinstallatie, met diverse procesonderdelen zoals compressoren en procesvaten (zie Tabel 4). Dit leidingwerk is dermate kort dat een lekkage of breuk onderdeel uit maakt van het betreffende installatieonderdeel;
- Waterstofsulfide (verder: H_2S) is zowel een brandbaar- als toxisch gas. H_2S wordt gevormd tijdens de mestvergisting in de vergisterprocestanks. De concentratie H_2S blijft, door het periodiek bijmengen van waterijzerslib in het substraat en aanbrengen van luchtdoseringsvoorzieningen in de vergisters, echter zeer beperkt tot maximaal 200 ppm. Hiermee ontstaat geen reëel toxiciteitsrisico. Conform het onderzoek van het RIVM: '*Veiligheid grootschalige productie* biogas', RIVM, d.d. 2010 kenmerk 620201001/2010' van Mesch en Hezen zullen nauwelijks toxische effecten buiten de inrichtingsgrens optreden bij een H_2S-gehalte lager dan 1%. Daarom wordt in dit onderzoek aanbevolen om ruw biogas met een H_2S-gehalte lager dan 1%, in de QRA te modelleren als uitsluitend brandbaar;
- Tetrahydrothiofeen (THT) wordt als geurstof toegevoegd aan het gereinigde biogas wat geleverd wordt aan het net van de Nederlandse Gasunie, na kwaliteits- en debietmonitoring (zgn. 'poortwachter') in de biogasopwerkingsinstallatie. De hoeveelheid THT binnen de inrichting is zeer beperkt (max. 100 liter) waarmee geen extern veiligheidsrisico bestaat en is daarom buiten beschouwing gelaten in de QRA;
- Watervrije ammoniak (NH_3) in de koelinstallatie in de CO_2-vervloeiingsinstallatie van gebouw 5 is achterwege gelaten in de QRA, op basis van effectafstanden. Uit de Revi volgt namelijk dat voor de koelinstallatie geen invloedsgebied geldt en deze daarmee geen bijdrage levert aan het externe (veiligheids)risico;
- Daarnaast komen beperkte hoeveelheden opgelost ammoniak (NH_3) en vluchtige organische koolwaterstoffen (VOS/VOC) vrij uit de biogas-opwerkingsinstallatie. Deze stoffen zijn met name milieugevaarlijk (door uitstoot naar bodem, lucht of (oppervlakte)water) zijn, of aanvullend als corrosief zijn geclassificeerd (NH_3, H314), zijn

[9] Tabel 3 van Bijlage 2 uit de Revi bevat afstanden (in m) tot de grens van het invloedsgebied (1% letaliteitsafstand) voor koel- of vriesinstallaties en warmtepompen met ammoniak als koudemiddel.

deze stoffen niet dermate acuut brandbaar, explosief of toxisch. Daarom zijn deze stoffen verder buiten beschouwing gelaten in deze QRA;

- Het digestaat wordt vanuit de vergisterprocestanks in de navergisters gebracht, waar het ontgassen plaatsvindt. Door koeling wordt het vergistingsproces vertraagd en gestopt, hierbij ontstaat nog wel ruw biogas;
- Daarnaast zijn installaties die alleen in noodgevallen worden gebruikt niet meegenomen in de berekeningen, omdat de gebruiksduur op jaarbasis incidenteel en daarmee verwaarloosbaar is ten opzichte van de andere installatieonderdelen. Dit betreft veiligheidsvoorzieningen zoals de affakkelinstallatie.

De insluitsystemen die een potentieel risico voor externe veiligheid vormen en dus nader worden beschouwd in de QRA, zijn op locatie gezet binnen de inrichting. Hiervoor is gebruik gemaakt van de plattegrondtekening, zoals bijgevoegd in Bijlage 1. Tabel 4 geeft de relevantie per installatie aan.

Tabel 4. Relevantie van locaties en (bedrijfs)activiteiten t.b.v. subselectie.

Omschrijving installaties	Aantal	Relevant insluitsysteem	Relevante gevaarlijke stof
Hydrolysetanks	2	Enkelwandige atmosferische tank (hydrolysetanks)	Ruw biogas
Hoofdvergistertanks	8	Enkelwandige atmosferische tank (vergistingsprocestanks)	Ruw biogas
Thermofiele navergister	2	Enkelwandige atmosferische tank (vergistingsprocestank)	Ruw biogas
Navergistertank	2	Enkelwandige atmosferische tank (vergistingsprocestanks)	Ruw biogas
Biogas-opwerkingsinstallatie	1	Divers (*zie onderstaand*)	Ruw biogas en gereinigd biogas/-methaan
Koeling, voorbehandeling	1	Warmtewisselaar	Ruw biogas
Actief kool polishing (AC) filters, voorbehandeling	8	Procesvat	Ruw biogas (H_2S en NH_3 niet relevant)
Compressoren, verdere gasbehandeling	2	Compressoren, met twee stappen: • van 5 mbar naar 500 mbar; • van 500 mbar naar 16 bar(g)	Ruw biogas
Koelstap, verdere gasbehandeling	1	Warmtewisselaar	Ruw biogas
CO_2-verwijderingstechniek met membranen	1	Procesvat[#]	Ruw biogas
Additionele compressor, voorafgaand aan aardgasnet (Gasunie)	1	Compressor: • van 16 bar(g) naar 66 bar(g)	Gereinigd biogas/-methaan
Koeler voorafgaand aan aardgasnet (Gasunie)	1	Warmtewisselaar	Gereinigd biogas/-methaan
Leidingwerk	21	Leidingen (*zie onderstaand*)	Ruw biogas en gereinigd biogas/-methaan
Verbindend bovengronds leidingwerk (vanaf gasdaken hoofdvergisters naar thermofiele navergister(s)	1*	Leidingen, bovengronds	Ruw biogas
Ondergrondse leidingen tussen overige installaties (vanaf navergisters, naar biogas-opwerkingsinstallatie tot aansluiting op aardgasnetwerk)	20	Leidingen, ondergronds	Ruw biogas en gereinigd biogas/-methaan
Leidingen met CO_2: gasopwerking naar CO_2-vervloeiing (aanvoer) en CO_2-vervloeiing naar gasopwerking (retour)	2	Leidingen, ondergronds	Koolstofdioxide (CO_2)

Omschrijving installaties	Aantal	Relevant insluitsysteem	Relevante gevaarlijke stof
Opslagtanks (voor vloeistoffen)	3	Enkelwandige atmosferische tanks	Relevante gevaarlijke stof
Salpeterzuurtank (in lekbak van 9 m^2)	1	Enkelwandige atmosferische tank (opslagtank)	Salpeterzuur
CO_2-opslagtanks (250 ton, 25 bar)	2	Enkelwandige atmosferische tank (cilindrische, horizontale opslagtanks)	Koolstofdioxide (CO_2)

*Het verbindend bovengronds leidingwerk vanuit alle vergistingstanks zijn als één leiding gemodelleerd in Safeti-NL.

#De installatie met de CO_2-verwijderingstechniek bestaat uit 210 membranen. Omdat deze membranen tegelijkertijd werken, is deze installatie als één procesvat behandeld en als zodanig gemodelleerd in Safeti-NL.

In Bijlage 2 zijn alle relevante procesonderdelen weergegeven, met bijbehorende uitgangspunten die zijn afgeleid uit de door opdrachtgever verstrekte stukken en informatie. In deze bijlage is per onderdeel aangegeven of deze al dan niet is meegenomen in de daadwerkelijke risicoberekeningen.

4 Uitgangspunten modellering en scenario's

Voor het kwantificeren van de risico's zijn modelberekeningen uitgevoerd. De scenario's zijn met het door de overheid voorgeschreven programma Safeti-NL, versie 8.5 doorgerekend.
In onderstaande paragrafen worden de uitgangpunten en rekenparameters nader omschreven die in de modelberekeningen zijn toegepast. Een gedetailleerde weergave van de gehanteerde modelparameters is weergegeven in de tabel in Bijlage 3. Een vertaling van deze rekenparameters naar de resultaten is in hoofdstuk 5 nader uitgewerkt.

4.1 Ongevalscenario's

In onderstaande paragraaf wordt per 'insluitsysteem' weergegeven met welke scenario's rekening wordt gehouden. In de navolgende subparagrafen per type insluitsysteem wordt niet tot in detail op de uitgangspunten die gehanteerd zijn in de modellering. Deze zijn nauwkeurig weergegeven in Bijlage 3, waar een totaaloverzicht van de scenario's en gehanteerde uitgangspunten is opgenomen. Tevens is in Bijlage 2 een totaaloverzicht opgenomen van de gegevens van de diverse installaties/insluitsystemen.

4.1.1 Scenario's opslagtanks

4.1.1.1 Enkelwandige atmosferische opslagtanks

Het ruwe biogas wordt geproduceerd door in totaal zijn 14 enkelwandige atmosferische tanks, namelijk twee hydrolysetanks en twaalf vergisterprocestanks, waarvan acht hoofdvergistertanks, en vier navergisters (zie Tabel 4).
Daarnaast wordt op het terrein salpeterzuur opgeslagen in één atmosferische opslagtank met een volume van 10 m^3. Op basis van de maximale dichtheid van salpeterzuur (conform het aangeleverde VIB[10] door de opdrachtgever) van 1,37 ton/m^3, komt dit volume overeen met een maximaal gewicht van 14 ton.

Hydrolysetanks
De twee hydrolysetanks beschikken over een maximaal gas-volume van 265 m^3 per tank, ofwel 530 m^3 in totaal. Het vloeistofniveau in de tanks komt tot 1,5 meter onder de rand (top van de tank met een hoogte van 20 meter). Het gasvolume bevindt zich in de bovenste 1,5 meter. De hydrolyse-tanks zijn gaszijdig verbonden met de vergisters, waardoor er een potentieel brandbaar ruw biogasmengsel aanwezig is onder een lichte overdruk van maximaal 5 mbar en een temperatuur van 25 °C. Het gehalte waterstof door de hydrolyse is zeer klein en niet van belang voor de eigenschappen.-

Vergisters en navergisters
De twaalf vergistingsprocestanks zijn uitgevoerd met een dubbelmembraan gasdak met inhoud van 1.800 m^3. Het vloeistofniveau in de tanks komt tot 1 meter onder de rand van de tank (top de tank zelf is 10 meter en het gasvoerende membraan (gasdak) loopt tot 14 meter hoogte). Het gasvolume bevindt zich in de bovenste 1 meter +

[10] VIB: Veiligheidsinformatieblad, ook wel 'Material Safety Data Sheet' (MSDS) genoemd.

de inhoud van het gasdak. Het maximale volume biogas per vergistingsprocestank bedraagt 2.762 m^3 (962 m^3 + 1.800 m^3), waarmee het totale gasvolume van deze tanks op 33.145 m^3 uitkomt. In de vergistingprocestanks vindt vergisting van de vloeibare biomassa plaats bij de temperatuur 40 °C en onder een lichte overdruk van 5 mbar. De temperatuur stijgt in de navergisters naar circa 55 °C. Vervolgens wordt ruw biogas vanuit de navergisters via ondergrondse transportleidingen vervoerd naar de biogasopwerkingsinstallatie (temperatuur: 40 °C, (lichte) overdruk van 5 mbar).

Salpeterzuurtank

De salpeterzuur wordt opgeslagen in één atmosferische opslagtank met een volume van 10 m^3. De tank is voorzien van opvang bij lekkage met lekdetectie, door de situering als een tank-in-tank, met het de opvang aan de bovenzijde open. Uitdamping is daardoor wel mogelijk. Deze situatie is gemodelleerd als reguliere atmosferische opslagtank met een tankput met een oppervlakte van 9 m2. De tank zal binnen worden geplaatst, maar is als zijnde 'buiten' gemodelleerd.
De modellering van Salpeterzuur is niet als pure stof, maar door uit te gaan van plasverdamping na uitstroom. Dit is toegelicht in § 3.1.4. Bij instantaan falen wordt een plasoppervlakte van 1,5 × 9 m2 aangehouden. Voor de dampspanning van Salpeterzuur is het aangeleverde VIB gebruikt, waar een dampspanning van 9,4 HPa in is opgenomen.

Modellering Scenario's

Voor de ongevalscenario's en bijbehorende faalkansen van alle vergistingstanks en de salpeterzuurtank zijn deze, zoals aangegeven door het RIVM, beschouwd als enkelwandige atmosferische opslagtanks. De gehanteerde scenario's en bijbehorende faalfrequenties zijn gegeven in onderstaande Tabel 5, welke afkomstig zijn uit tabel 17 uit de Hari.

Tabel 5. Scenario's voor enkelwandige atmosferische opslagtanks.

Scenario's	Frequentie (per jaar)
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-6}
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-6}
Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-4}

De Hydrolysetanks, vergisters en navergisters zijn met een leiding aan elkaar verbonden. Bij het falen van één van deze tanks (instantaan falen en vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten) is het niet uitgesloten dat deze verbindende leiding ervoor zorgt dat nalevering plaatsvindt. De nalevering uit de leiding, gebaseerd op het scenario Leidingbreuk van deze leiding, bedraagt 2,77 kg/s. In een half uur tijd kan de nalevering dan bijna 5.000 kg zijn. Dit is groter dan de inhoud van iedere hydrolysetank (293 kg) en (na)vergister (2.955 kg) afzonderlijk.

De scenario's zijn als volgt aangepast om deze nalevering mee te wegen

- Instantaan vrijkomen
    - Het scenario Instantaan vrijkomen leidt na het initiële effect vervolgens tot een nalevering, maar het zijn verschillende effecten, die elkaar niet direct versterken.

- Voor de Hydrolysetanks is de nalevering veel groter dan de eigen inhoud (255 kg ten opzichte van de nalevering van bijna 5.000 kg). Daarom is het instantaan falen vervangen voor een Fixed Duration scenario met een uitstroming van 5.255 kg in 30 minuten.
- Voor de (na)vergisters is de uitstroming grofweg tweemaal zo hoog als de inhoud van het vat. Gezien de zeer beperkte effecten van de nalevering/lek-scenario's is het een onderschatting om het Instantaan falen van de originele inhoud van de tanks mee te nemen als lekkage. De nalevering meenemen als inhoud bij het instantaan falen is echter een grove overschatting. Gezien het zeer beperkte effect van de nalevering is daarom de nalevering voor het instantaan falen scenario beoordeeld als niet significant en niet verder beschouwd in de modellering van deze scenario's.

- Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten
  - Dit scenario leidt normaliter tot een lekkage die groot genoeg is om in 10 minuten een gehele tank leeg te laten lopen. Dit scenario is verandert naar een Leak-scenario om de uitstroom, met dezelfde snelheid, niet slechts 10 minuten te laten duren maar 30 minuten vanwege de nalevering die de overige 20 minuten kan voeden. De diameter van de lekkage is iteratief vergroot om de juiste Peak Flowrate te behalen.
- Continu vrijkomen uit een gat
  - Dit lekkagescenario wordt niet beïnvloed door de nalevering, omdat het lek al niet groot genoeg is om de hele inhoud van de tanks zelf vrij te laten komen. Het scenario is dan ook niet aangepast.

4.1.1.2 Bovengrondse opslagtank onder druk

Nadat CO_2-gas tot vloeistof is verdicht in de vervloeiingsinstallatie, wordt dit als vloeibaar gas opgeslagen onder een druk van 25 bar(g) in twee opslagtanks van elk 250 ton (totale opslagcapaciteit: 500 ton). Dit betreft cilindrische, horizontale opslagtanks. De gehanteerde scenario's en bijbehorende faalfrequenties zijn gegeven in onderstaande Tabel 6, welke afkomstig zijn uit tabel 13 uit de Hari.

Tabel 6. Scenario's voor bovengrondse opslagtanks onder druk.

Scenario's	Frequentie (per jaar)
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7}
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-7}
Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-5}

4.1.2 Scenario's gasleidingen

Het transport van het ruwe biogas en het gereinigde biogas vindt plaats via hoofdzakelijk ondergrondse leidingen met verschillende diameters (100–500 mm). De hydrolysetanks zijn met twee verzamelleidingen aangesloten op de acht hoofdvergistertanks, die op hun beurt via een verzamelleiding op de thermofiele navergisters uitkomen. Vervolgens takt vanuit deze installatie de leiding af naar twee navergisters. De navergisters zijn vervolgens via twee verzamelleidingen aangesloten op de biogas-opwerkingsinstallatie, waar het ruwe biogas verder wordt gereinigd en opgewerkt tot gezuiverd biogas (methaan).

Zoals toegelicht in hoofdstuk 3 zijn de korte verbindingsleidingen tussen de installatieonderdelen (zoals bij de vergistingstanks, zie § 4.1.1) niet beschouwd. In totaal zijn zeven verschillende leidingwerken wel gemodelleerd in Safeti-NL.
De uitstroom van ruw- of gezuiverd biogas uit deze leidingen bij een breuk zijn afhankelijk van de stroming (flow) door het hele systeem. Terugstroom in het systeem wordt voorkomen door aanwezige compressoren vanaf de verdere gasbehandeling in de biogas-opwerkingsinstallatie. Voor het debiet is uitgegaan van de aanvoerende stroom, welke bepaald wordt door de installatie of compressor voorafgaand aan de leiding, vermenigvuldigd met een factor 1,5. Dit debiet is ingevoerd in Safeti-NL door de “Flow Control” in het “Short Pipe”-model. Voor de leiding vanaf de hydrolysetanks, hoofdvergisters en (thermofiele) navergisters is geen sprake van een stuwende compressor en daarom is daar uitgegaan van de reguliere flow van 8.000 Nm^3/uur in het totale leidingwerk.

De scenario’s voor bovengrondse- en ondergrondse gasleidingen zijn opgesomd in onderstaande Tabel 7. Scenario’s voor bovengrondse leidingen zijn gebaseerd op tabel 27 uit de Hari; voor faalfrequenties van ondergrondse gasleidingen is tabel 28 uit de Hari gebruikt.
Vanwege het grote aantal procesinstallaties en daarmee verbindend leidingwerk, is sprake van in totaal 21 leidingen (zie Tabel 4). Veelal betreft het hier echter zeer korte leidingen van één tot tien meter, welke geacht worden reeds deel uit te maken van de faalfrequenties van de aangesloten installaties. Alleen de hoofdtransportleidingen (≥ 50 meter) zijn daarom beschouwd met een ligging en daarmee de lengte van deze leidingen, op basis van de inrichtingstekening (zie Bijlage 1).

Tabel 7. Scenario’s bovengrondse gasleidingen (Ø750 mm, type: nominale diameter > 150 mm).

Scenario’s bovengrondse gasleidingen (Ø750 mm, type: nominale diameter > 150 mm)	Frequentie (per meter per jaar)
Breuk van de leiding	$1{,}0 \times 10^{-7}$
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter*, maximaal 50 mm	$5{,}0 \times 10^{-7}$

*10% van de nominale diameter bedraagt voor aanwezige bovengrondse leidingen hier 75 mm (maximaal 50 mm).

Scenario’s ondergrondse gasleidingen (type: overig)	Frequentie (per meter per jaar)
Breuk van de leiding	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	$1{,}5 \times 10^{-6}$

Voor de verzamelleiding vanaf de hoofdvergisters naar de navergisters (Ø 300 mm) en de verzamelleiding vanaf de navergisters naar de gasopwerkingsinstallatie (Ø 500 mm), geldt dat bij een breuk van deze leiding de uitstroom van ruw biogas vanuit twee kanten kan plaats vinden. Om deze verhoogde uitstroom te modelleren is uitgegaan van twee keer de oppervlakte van de breuk van een verzamelleiding en is de uitstroomdiameter vanuit deze breuk berekend als 424,26 mm (Ø 300 mm) en 707,11 mm (Ø 500 mm), zie hiervoor Bijlage 3.

4.1.3 Scenario’s compressoren

De aanwezige compressoren binnen de inrichting zijn allen beschouwd als Compressoren met pakking (‘worst-case’), zoals benoemd in de Hari. De scenario’s en faalfrequenties voor de compressoren zijn weergegeven in Tabel 8, deze zijn gebaseerd op tabel 34 uit de Hari. In Bijlage 3 is aangegeven welke installaties, met een detaillering van de installaties in Bijlage 2, zijn beschouwd als compressor.

Falen van compressoren wordt gemodelleerd als breuk in de aanvoerleiding, oftewel catastrofaal falen. Voor het uitstroomdebiet is uitgegaan van de aanvoerende stroom welke bepaald wordt door de installatie/compressor voorafgaand aan de leiding, vermenigvuldigd met een factor 1,5. Het debiet wordt beperkt door de capaciteit van het gehele systeem, waarbij de buffer wordt gevormd door de vergisters. Een grotere uitstroom is niet mogelijk. Terugstroom in het systeem wordt voorkomen door de compressoren. De bedrijfsduurcorrectie voor de faalfrequentie bedraagt een factor 1, oftewel een continue bedrijfstijd.

Tabel 8. Scenario's compressoren, type: centrifugaal compressor met pakking.

Scenario's	Frequentie (per jaar)
Catastrofaal falen (breuk aanvoerleiding)	$1{,}0 \times 10^{-4}$
Lek (10% aanvoerleiding)	$4{,}4 \times 10^{-3}$

In deze installatie zijn in totaal drie compressoren gemodelleerd. Deze bevinden zich allemaal in de biogas-opwerkingsinstallatie. Na de voorbehandeling wordt ruw biogas op druk gebracht in twee stappen: de eerste compressor brengt het gas op een druk van 5 mbar(g) naar 500 mbar(g); de tweede compressor brengt het gas op een druk van 500 mbar(g) naar 16 bar(g). De laatste, additionele compressor brengt het gereinigde biogas- of methaan uiteindelijk op een druk van 16 bar(g) naar 66 bar(g), voorafgaand aan levering naar het aardgasnetwerk. De temperatuur van het gas in alle compressoren bedraagt 20 °C.

De faalfrequenties zijn voor de twee compressoren voor verdere gasbehandeling (van 5 mbar(g) naar 16 bar(g)) gecorrigeerd en vermenigvuldigd met een factor 2, omdat deze onderdeel uitmaken van één compressie-installatie (zie Bijlage 3).

4.1.4 Scenario's procesvaten

Binnen de inrichting zijn twee installaties aanwezig die beschouwd kunnen worden als procesvaten. De eerste installatie (procesvat) betreffen in totaal acht 'actief kool polishing filters (AC-filters)', welke de laatste resten H_2S, NH_3 en eventuele organische verontreinigingen (VOC's) uit ruw biogas verwijderen. Daarnaast is een installatie aanwezig die gebruik maakt van een CO_2-verwijderingstechniek en CO_2 uit het ruwe biogas (60% CH_4/40% CO_2) verwijderd, zodat vanaf deze stap gereinigd biogas of -methaan (100% CH_4) ontstaat.
Deze installaties hebben geen eigen relevant eigen volume, waardoor voor het falen van dit procesvat wordt uitgegaan van de nalevering uit de aanvoerende leidingen. De uitstroom hiervan wordt bepaald door het aanvoerende debiet, zoals beschreven in par. 4.1.3.
De bijbehorende scenario's zijn weergegeven in onderstaande Tabel 9. De faalfrequenties zijn afgeleid uit tabel 30 van de Hari. De bedrijfsduurcorrectie voor de faalfrequentie bedraagt een factor 1, oftewel een continue bedrijfstijd.

Tabel 9. Scenario's procesvaten.

Scenario's	Frequentie (per jaar)
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van het reactorvat / procesvat	$5{,}0 \times 10^{-6}$
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	$5{,}0 \times 10^{-6}$
Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	$1{,}0 \times 10^{-4}$

4.1.5 Warmtewisselaars

De aanwezige warmtewisselaars binnen de gasopwerkingsinstallatie, het ontvangststation en de CO2-vervloeïngsinstallatie zijn allen beschouwd als warmtewisselaars met de gevaarlijke stof (ruw biogas, gereinigd biogas of CO_2) binnen de pijpleiding, zoals benoemd in de Hari (scenario's en faalfrequenties zijn weergegeven in tabel 19). In Bijlage 3 is aangegeven welke installaties, met een detaillering van de installaties in Bijlage 2, zijn beschouwd als warmtewisselaar.

Alle warmtewisselaars hebben een zeer beperkt eigen volume, waardoor bij falen de nalevering door de aanvoerende leidingen het risico bepalen. Net als bij de compressoren (zie par. 4.1.3) worden zowel het debiet als het volume van de uitstroom bepaald door de aanvoerende leidingen. Ook hier is sprake van een continue bedrijfstijd en daarmee een bedrijfsduurcorrectie voor faalfrequentie van een factor 1.

Tabel 10. Scenario's warmtewisselaars

Scenario's	Frequentie (per jaar)
Breuk van 10 pijpen tegelijkertijd	$1{,}0 \times 10^{-5}$
Breuk van 1 pijp	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter van één pijp, maximaal 50 mm	$1{,}0 \times 10^{-2}$

4.1.6 Tankwagenverlading (CO_2 en HNO_3)

Het tot vloeistof verdichte CO_2-gas (hierna: CO_2) wordt vanuit de bovengrondse opslagtanks onder druk (zie par. 4.1.1.2) afgevoerd van de inrichting door middel van tankwagens, met een reservoir onder druk. Hierbij is de temperatuur van het gas -20 °C en de druk 25 bar. De jaarlijkse doorzet van CO_2 bedraagt 44.817 ton per jaar. Het bruto maximaal gewicht van een tankwagen bedraagt 20 ton aan CO_2. Dit komt overeen met een verlading in 6 tankwagens per dag en 2.241 per jaar, zodat de doorzet per dag 123 ton CO_2 bedraagt. Voor de maximale vullingsgraad van een trailer of tankwagen is 100% aangenomen (worst-case).

Salpeterzuur in een waterige, 53% oplossing (hierna: HNO_3) wordt vanuit een enkelwandige atmosferische opslagtank (zie par. 4.1.1.1) afgevoerd van de inrichting door middel van tankwagens, met een atmosferische tanks. In de modellering van salpeterzuur is stikstofdioxide (NO_2) als modelstof gebruikt, zoals reeds toegelicht in par. 3.1 onder 'Gevaarlijke stoffen'.
De jaarlijkse doorzet van HNO_3 bedraagt 150 ton per jaar. Het bruto maximaal gewicht van een tankwagen bedraagt 35 ton aan HNO_3 (25 m^3, dichtheid 1,4 ton/m^3). De maximale hoeveelheid in de atmosferische opslagtank voor salpeterzuur bedraagt 14 ton (10 m^3). Dit komt overeen met een verlading in 11 tankwagens per jaar. Voor de maximale vullingsgraad van een trailer of tankwagen is 100% aangenomen (worst-case).
Bij een incident tijdens de verlading van Salpeterzuur kan vloeibaar salpeterzuur over de verlaadplaats uitlopen. De verlaadplaats heeft een verharde losplaats welke afwatert op een goot die aan het vuilwaterriool gekoppeld is. Vanwege deze afwatering met een goot, is aangenomen dat de plasoppervlakte bij leegstromen van de tankwagen niet de volledige omvang kan bereiken als zonder deze voorziening. Om deze reden is uitgegaan van een uitvloeiing van salpeterzuur van minimaal 20 liter per m^2. Dit resulteert bij 25.000 liter in een maximaal plasoppervlak van 1.250 m^2.

De ongevalsscenario's voor CO_2 zijn gebaseerd op tabel 42 uit de HARI voor de tankwagen met reservoir onder druk. Voor HNO_3 zijn de ongevalsscenario's gebaseerd op tabel 41 uit de HARI, voor de tankwagen met een atmosferische tank. Voor beide stoffen is voor verlading gebruik gemaakt van tabel 49 uit de HARI.

Bij de verlading zal een operator gedurende de gehele verlading toezicht houden. Deze heeft de mogelijkheid om in te grijpen bij een incident door het bedienen van de noodknop en daarmee de verlading te stoppen. Bij een breuk van de losslang zal dit een positieve uitwerking kunnen hebben. De kans van slagen bij ingrijpen bedraagt conform de HARI 90%. Dit zal de uitstroomduur verkorten naar 120 seconden in plaats van 1800 seconden.

Alle bijbehorende ongevalsscenario's voor het verladen van zijn weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 11. Scenario's tankwagenverlading

Scenario's (reservoir onder druk, CO_2)	Frequentie (per jaar)
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Scenario's (atmosferische tank, NHO_3)	**Frequentie (per jaar)**
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	$1{,}0 \times 10^{-5}$
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Scenario's (verlading, CO_2 en NHO_3)	**Frequentie (per uur)**
Breuk losslang (100 mm) – Effectief ingrijpen Operator	$4{,}0 \times 10^{-6} \times 0{,}9 = 3{,}6 \times 10^{-6}$
Breuk losslang (100 mm) – Niet effectief ingrijpen Operator	$4{,}0 \times 10^{-6} \times 0{,}1 = 4{,}0 \times 10^{-7}$
Lek losslang (10 mm)	$4{,}0 \times 10^{-5}$

4.1.7 Aardgasleidingen A-605, A-605-2 en waterstofleiding X-807

In de directe omgeving van de mestvergistingsinstallatie bevindt zich de bestaande, ondergrondse hogedruk aardgastransportleiding A-605 (Nederlandse Gasunie) over het terrein. Deze zal in de toekomst in gebruik blijven voor het transport van aardgas. De intentie is om het zuiver biogas of -methaan via een buisleiding te injecteren in de voormalige en (dus) reeds aanwezige GZI-productieleiding (N-522-66, met een druk van 66 bar(g)). Parallel aan deze leiding zal een nieuwe aftakking worden aangelegd, namelijk leiding A-605-02, welke gedeeltelijk over het inrichtingsterrein loopt.

In de aanvraag Omgevingsvergunning milieu is een tekening opgenomen van de ligging van de leiding en als bijlage bij de aanvraag is een toelichting opgenomen.

Omdat ongevallen met deze leidingen ook kunnen leiden tot veiligheidsrisico's voor de omgeving, is een zgn. 'Long Pipeline model' toegepast in Safeti-NL voor het breukscenario. Het leidinggedeelte van de bestaande leidingen (A-605 en A-605-02) dat binnen de inrichtingsgrens van North Star ligt, zijn daarom aanvullend gemodelleerd.
Voor de gastransportleidingen is uitgegaan van een totale leidinglengte van 32 km. Vervolgens is de afstand tot de breuklocatie ingesteld op de helft van bovengenoemde afstand, namelijk 16 km. Deze afstand is bepaald op basis van de aanname dat de stromingsrichting van aardgas door deze leidingen vanaf of naar de mestvergistings-

installatie van North Star slechts naar één kant is en daarom vanaf één kant vrij kan komen (i.p.v. van twee kanten).

Voor de lekscenario's zijn ontstekingskansen per individuele leiding berekend in Safeti-NL. Op basis van de bronterm, ofwel 'Peak Flow rate', is voor aardgas de kans op directe ontsteking bepaald (tabel 104, Module C van de HARI) en toegepast in de berekening van de faalfrequenties voor de ondergrondse leidingen. Deze bronterm verschilt per leiding en staan weergegeven in Bijlage 3 (onderdelen 6.1, 6.2 en 6.3). Daarnaast is voor beide aardgasleidingen (A-605 en A-605-02) een flenslek gemodelleerd. Hierbij is uitgegaan dat zich aan de uiteinden van de leidingen één flens kan bevinden, omdat dit het uiteinde van de aardgasleidingen A-605 en A-605-02 betreft.

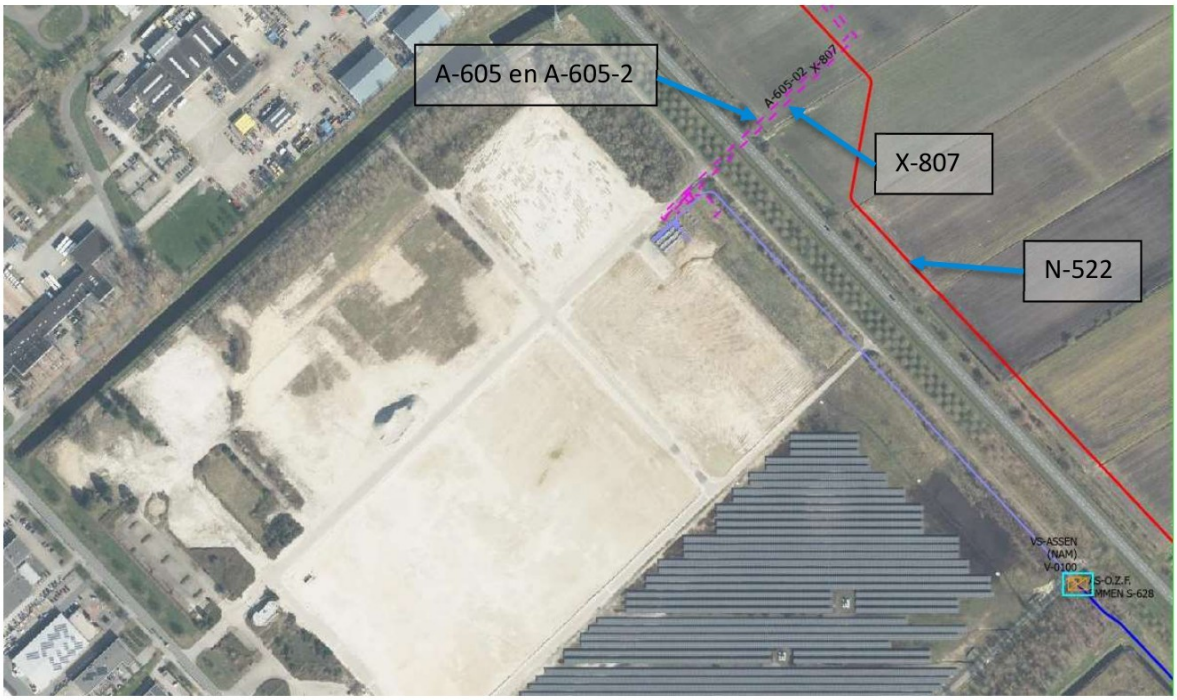
Ook is een nieuwe leiding, parallel aan de A-605-02, vergund voor het transport van waterstof: X-807.
Waterstof en met name gasvormig waterstof zoals in de betrokken buisleiding, heeft een zeer hoge kans op ontsteking, vanwege de lage benodigde ontstekingsenergie en ruime explosiegrenzen. Conform de *Memo Risico's en effectafstanden Waterstoftankstations van het RIVM*, is voor waterstofgas uitgegaan van een directe ontstekingskans van 1.
Voor deze leiding is eveneens een zgn. 'Long Pipeline model' toegepast in Safeti-NL voor het breukscenario, waarbij eveneens is uitgegaan van een totale leidinglengte van 32 km en een afstand tot de breuklocatie van 16 km (uitstromingsrichting van één kant). Voor het lekscenario is uitgegaan van 10% van de leidingdiameter (15,24 mm) en een ontstekingskans van eveneens 1. Voor de waterstofleiding is overigens geen flens gemodelleerd, omdat deze leiding (X-807) al wel vergund is, maar de aansluitende leiding en -apparatuur vanaf het inrichtingsterrein nog niet (situatie feb. 2022).

De bijbehorende ongevalsscenario's voor de ondergrondse aardgas- en waterstofleidingen (A-605, A-605-02 en resp. X-807) zijn gebaseerd op tabel 91 uit de HARI en weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 12. Scenario's hogedruk gastransportleidingen.

Scenario's	Frequentie (per jaar)
Breuk van de leiding	$5{,}6 \times 10^{-9}$
Lek in de leiding (10% van de leidingdiameter, max. 50 mm)	$2{,}0 \times 10^{-8}$
Flenslek (10% van de leidingdiameter, maximaal 50 mm)	$9{,}3 \times 10^{-7}$

Navolgend figuur toont een globaal overzicht van de ligging van de drie gemodelleerde leidingen in deze QRA:



Figuur 3: Aanduiding ligging van de hogedruk gastransportleidingen A-605, A-605-02 en X-807, deels over het terrein van de inrichting van North Star en de N-522-66 van GZI buiten het terrein.

4.2 Omgevingsfactoren

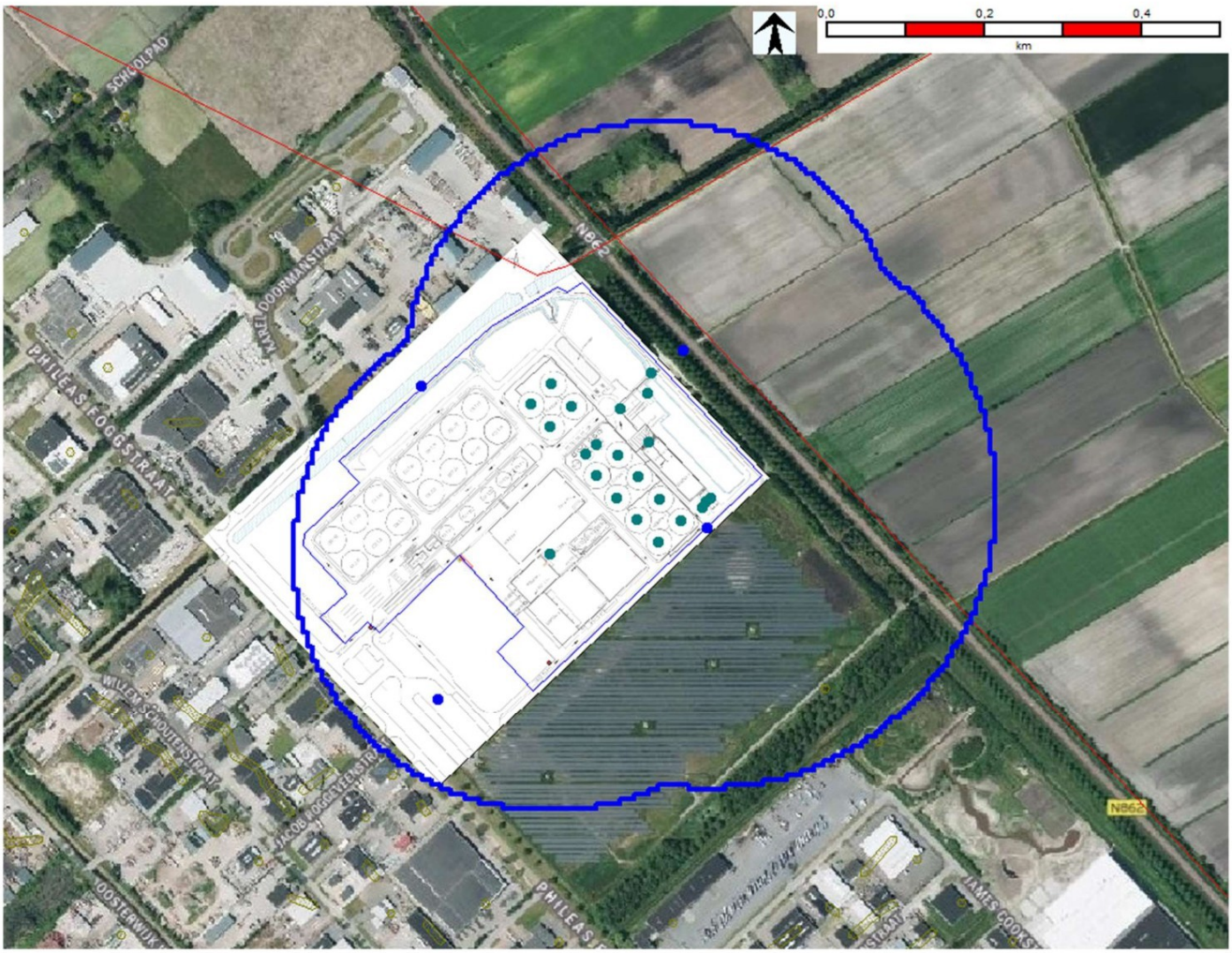
De relevante omgevingsdata voor de berekeningen van de externe risico's betreffen de bevolkingsdichtheid rondom de inrichting, de weergegevens van de omgeving, de ruwheidslengte van de omgeving en de ontstekingsbronnen in de omgeving van de inrichting.

4.2.1 Bevolking

De omgeving van de inrichting, inclusief relevante ontstekingsbronnen (zie par. 4.2.3), en de maximale effectafstand[11] wordt getoond in onderstaande Figuur 4. De berekening van het groepsrisico moet worden gebaseerd op de aanwezigheid van personen binnen dit invloedsgebied.
Hieruit blijkt dat het invloedsgebied buiten de inrichtingsgrens ligt. In dit gebied kunnen personen regulier aanwezig zijn in (beperkt) kwetsbare objecten, zoals bedrijfsgebouwen, kantoren en woningen. Uit de ligging van het invloedsgebied kan echter wel opgemaakt worden dat het buiten de inrichting vrijwel volledig landelijk gebied betreft zonder aanwezigheid van personen in relevante aantallen. Eventuele andere aanwezigen in de directe omgeving, zoals verkeersdeelnemers[12], hoeven formeel niet te worden meegenomen in een groepsrisicoberekening.

---

[11] De maximale effectafstand staat gelijk aan de 1%-letaliteitsafstand, ofwel de afstand waarop 1% van de aanwezige personen in een effectgebied kan komen te overlijden door een ongeval waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen. Deze afstand is berekend als de contour van het plaatsgebonden risico van $1{,}0\times10^{-30}$ per jaar.
[12] Bron: Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico (VROM, 1 nov. 2017, versie 1).



Figuur 4: Invloedsgebied vergistingsinstallatie North Star te Emmen (gebaseerd op de PR 1×10^{-30}/jaar contour en 1%-letaliteit).

In bovenstaande Figuur 4 staan meerdere onderdelen ingetekend:

- De dunne rode lijnen tonen twee geïdentificeerde ontstekingsbronnen (provinciale weg N862 en hoogspanningslijn van TenneT), zie par. 4.2.3;
- De dunne blauwe lijn is de inrichtingsgrens;
- De groene punten zijn de geïnventariseerde installatie-onderdelen van de vergistingsinstallatie (zie par. 4.1);
- De blauwe punten op de terreingrens zijn de 'Individual risk ranking points', die op de terreingrens ten noordwesten, noordoosten van de installatie zijn geplaatst en het punt ten zuidoosten die geplaatst is op de grens van de 1×10-6/jaar Plaatsgebonden risicocontour waar deze het verst buiten de terreingrens komt (zie par. 5.4).

4.2.2 Meteorologische gegevens en oppervlakteruwheid

Voor het uitvoeren van de verspreidingsberekeningen moeten meteorologische gegevens en oppervlakteruwheid worden ingevoerd. Als uitgangspunt zijn de weergegevens van het dichtst nabijgelegen weerstation (Eelde) gekozen.

De ruwheidlengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. Voor de oppervlakteruwheid is de ruwheidslengte van 1,0 m aangehouden, deze waarde past bij een industrieterrein (conform tabel 3 van module B van de Hari).

4.2.3 Ontstekingsbronnen

Ontstekingsbronnen zijn van belang voor de QRA. Dit kunnen puntbronnen, oppervlaktebronnen of lijnbronnen zijn. Bij de ontsteking wordt onderscheid gemaakt tussen twee typen:

1. Directe ontsteking;
2. Vertraagde ontsteking.

Directe ontsteking is afhankelijk van het type installatie (stationair of transportmiddel), de stofcategorie en de uitstroomhoeveelheid. In de berekeningen kan deze ontsteking gemodelleerd worden direct bij het betreffende scenario.

Voor vertraagde ontsteking wordt voor het plaatsgebonden risico gerekend met de grootste wolkomvang. Voor het groepsrisico wordt gerekend met de ontstekingsbronnen die zich buiten de inrichting bevinden. Dit omvat zowel de aanwezige populatie, als installaties als fakkels, ovens, boilers, hoogspanningskabels, naburige procesinstallaties en voer- en vaartuigen.

In de modellering van de populatie zijn vanuit de standaardmethodiek in Safeti-NL reeds potentiële ontstekingsbronnen opgenomen. Daarnaast zijn twee aanvullende ontstekingsbronnen in de omgeving geïdentificeerd:

- Oostelijk langs de inrichting bevindt zich een provinciale weg (N862, Klazienaveen – Emmen). Hierbij is uitgegaan van de ontstekingskans voor motorvoertuigen, zoals genoemd in tabel 1 van module B van de Hari, met een gemiddelde snelheid van 80 km/h en 1.500 motorvoertuigen per uur. De ontstekingskans per motorvoertuig bedraagt hiermee 0,4 per minuut. Dit is een standaardwaarde die uitgaat van een snelweg, zodat een eventuele verbreding van de N862 in de nabije toekomst (naar 2x2-baans) al is doorgerekend;
- Direct ten noordoosten langs de inrichting bevindt zich een hoogspanningslijn van TenneT (Weerdringe – Bargemeer, spanning 110 kV en een indicatieve magneetveldzone van 2 x 70 meter). Hierbij is uitgegaan van de ontstekingskans voor hoogspanningskabels, conform tabel 1 van module B van de Hari. De ontstekingskans per 100 meter kabel bedraagt 0,2 per minuut.

4.2.4 Externe beschadiging

Daarnaast is geanalyseerd of een “Loss of Containment” (LoC) op installatieonderdelen (bijv. de vergisterproces- en opslagtanks) kan optreden door een externe beschadiging van buitenaf in de omgeving van North Star

(conform par. 3.3.2.1 uit Module C van de Handreiking Risicoberekeningen Bevi-inrichtingen, versie 4.3, 1 jan. 2021 door het RIVM (hierna: Hari).

Windturbines en aanvliegroute vliegveld

Uit deze analyse blijkt dat in de directe omgeving van North Star geen windturbines staan en ook niet is gelegen onder een aanvliegroute van een vliegveld. Daarom hoeven bovengenoemde oorzaken van buitenaf niet mee te worden genomen in de risicoberekening (QRA) of BRZO-kennisgeving van dit bedrijf.

5 Resultaten

Er is een risicoanalyse uitgevoerd met als doel het inzicht verkrijgen in de externe risico's. Deze QRA is uitgevoerd met het door de overheid voorgeschreven modelleringprogramma Safeti-NL, versie 8.5. De resultaten van deze QRA zijn in de volgende onderdelen samengevat:

- Plaatsgebonden risico;
- Groepsrisico;
- Maximale effectafstanden en;
- Scenario's met de grootste bijdrage.

In de onderstaande paragrafen worden deze rekenresultaten omschreven. In het geval van North Star gaat het om de toekomstige situatie, met de beoogde realisatie van de vergistingsinstallatie.

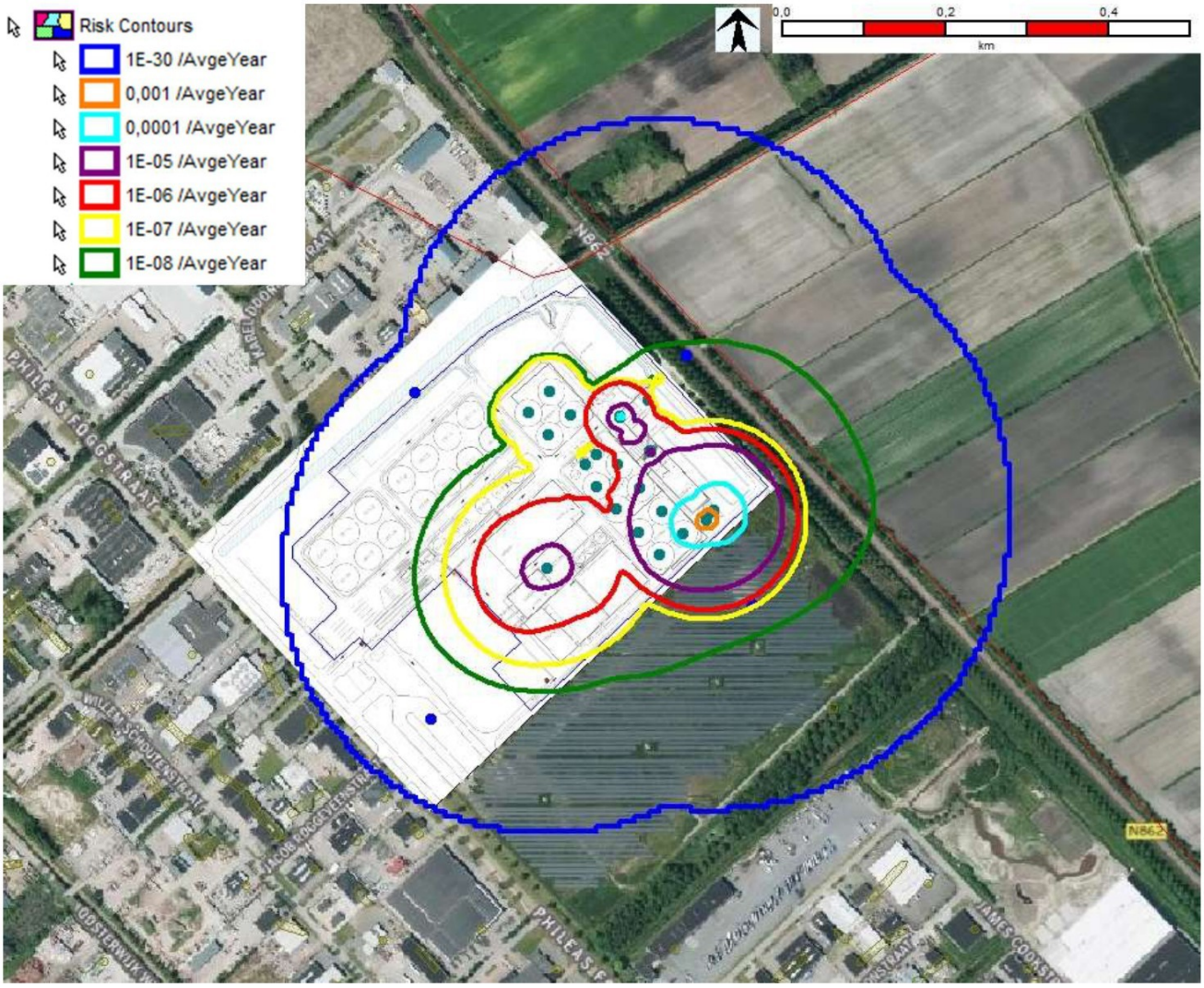
5.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een inrichting bevindt, overlijdt door een ongeval met gevaarlijke stoffen bij die inrichting.

Het PR met een kans van $1{,}0\times10^{-6}$/jaar (PR 10^{-6}) betekent voor kwetsbare objecten zoals woningen, grotere kantoren en hotels, scholen en ziekenhuizen, een grenswaarde. Een kans hoger dan PR 10^{-6} is ontoelaatbaar voor kwetsbare objecten. Voor beperkt kwetsbare objecten zoals bedrijfsgebouwen (bijv. industrie en kantoor), kleinere kantoren en hotels, individuele winkels en verspreid liggende woningen, is de PR $1x10^{-6}$ een richtwaarde waar enkel met een gewichtige redenen vanaf geweken kan worden.

Uit het bestemmingsplan Emmen, Bargermeer industrie- en bedrijventerrein blijkt dat voor de locatie rondom de inrichting de aanduiding 'Bedrijfsdoeleinden categorie B' geldt. Hier zijn gebouwen niet uitgesloten (zie 4.2 van de planregels). Aangezien er in het bestemmingsplan geen specifieke regels m.b.t. externe veiligheid zijn opgenomen ((beperkt) kwetsbare objecten worden niet uitgesloten), kan in de toekomstige situatie sprake zijn van geprojecteerde (beperkt) kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour.

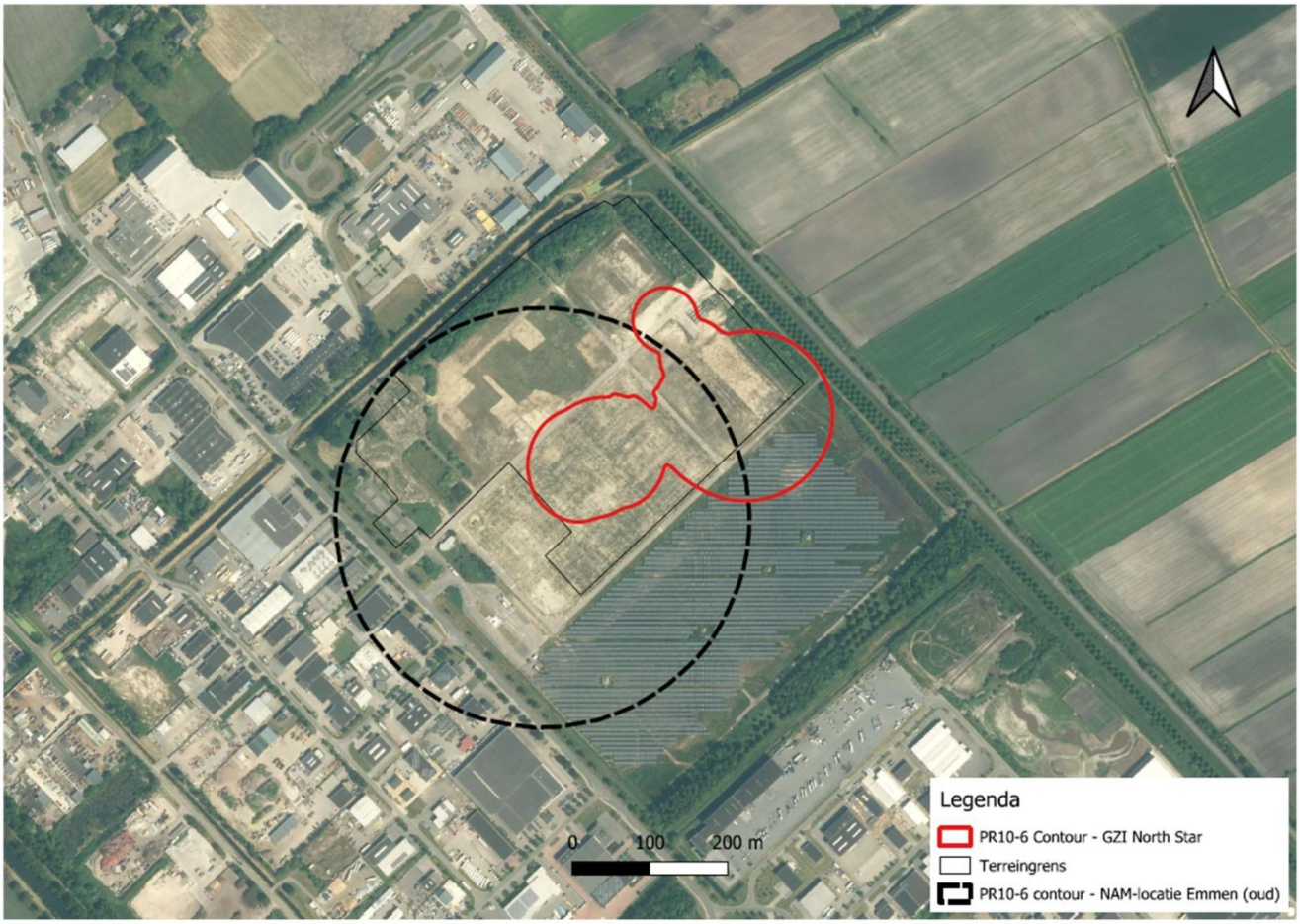
Onderstaande Figuur 5 toont alle berekende plaatsgebonden risicocontouren voor de vergistingsinstallatie.



Figuur 5: Plaatsgebonden risicocontouren voor de aangevraagde biovergistingsinstallatie North Star in Emmen. De PR 10^{-6} contour is de rode lijn; het invloedsgebied (PR 10^{-30} contour) staat aangegeven als blauwe lijn.

Uit de berekeningen blijkt dat de PR 10^{-6} contour voor een klein gedeelte buiten de inrichtingsgrens komt, aan de (zuid)oostkant van de inrichting. In deze zone bevindt zich een zonnepark met zonnepanelen (situatie feb. 2023) en openbaar groen. Een zonnepark en openbaar groen valt echter niet onder de definitie van een (beperkt) kwetsbare object, waarin regulier personen aanwezig kunnen zijn (zie Tabel 1).

Navolgend figuur 6 toont een vergelijking tussen de PR 10^{-6} contour van de voormalige NAM-locatie en van de aangevraagde biovergistingsinstallatie van North Star. Uit de vergelijking kan opgemaakt worden dat de PR 10-6 contour kleiner wordt en verder van de bebouwing komt te liggen. Wel komt de contour op andere plekken dan voorheen buiten de terreingrens. Hier zijn echter geen (beperkt) kwetsbare gebouwen en locaties voorzien, waardoor het geen afwijking van de PR norm betekent.



Figuur 6: Vergelijking tussen de PR 10^{-6} contour van de voormalige NAM-locatie (zwarte lijn) en de aangevraagde biovergistingsinstallatie (rode lijn).

5.2 Groepsrisico

Het groepsrisico (GR) is de kans per jaar dat een groep van een bepaalde grootte dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval. Het GR wordt vastgelegd in een zogenaamde f(N)-curve (GR-curve) en is afhankelijk van de aanwezige personen in de omgeving van het bedrijf. In een GR-curve staat op de verticale as de cumulatieve kans weergegeven dat meer dan N slachtoffers ten gevolge van de beschouwde scenario's komen te overlijden. Deze kans wordt uitgedrukt in de eenheid 'per jaar'. Op de horizontale as staat het aantal slachtoffers weergegeven. Voor het GR geldt in vergelijking tot het PR geen 'harde' norm, maar is een oriënterende waarde opgenomen zonder normatieve status voor inrichtingen. Wel geldt voor het GR een verantwoordingsplicht wanneer (beperkt) kwetsbare objecten binnen het invloedsgebied van de inrichting liggen.

In de toekomstige situatie is berekend dat het invloedsgebied (1 x 10^{-30} per jaar) over aangrenzende percelen rond de inrichting van North Star ligt (zie Figuur 4). Binnen het invloedsgebied buiten de terreingrens zijn echter geen relevante aantallen personen regulier aanwezig (bron: BAG Populatieservice, geraadpleegd 18 nov. 2021).

In de aangevraagde situatie van North Star wordt geen Groepsrisico berekend, aangezien het slachtoffer-aantal bij een kans groter of gelijk aan 1×10^{-9}/jaar nul bedraagt. Hoewel er formeel geen groepsrisico ontstaat, komt het invloedsgebied wel buiten de terreingrens en overlapt voor een zeer beperkt deel buurtpercelen waar (beperkt) kwetsbare objecten mogelijk zijn. Een verantwoording van het groepsrisico is daarmee wel vereist.

De GR-curve kan niet worden getoond aangezien er geen groepsrisico berekend wordt.

5.3 Invloedsgebied

Het invloedsgebied is het volledige gebied waarbinnen 1% van de aanwezige personen kan komen te overlijden als gevolg van het scenario met het grootste effect. De grootste effectafstand bedraagt 355 meter, als gevolg van een toxische wolk, wordt gevonden bij de scenario's 'Vrijkomen gehele inhoud in 10 minuten' van de beide opslagtanks met CO2.
De scenario's bij tankwagenverlading met salpeterzuur; 'Instantaan falen', 'Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting' en 'Breuk laad-/losslang', hebben een vergelijkbaar invloedsgebied van 316 meter.

Voor fysische gevaren, ofwel vrijkomen van een gevaarlijke stof met brand en/of explosie tot gevolg, is de grootste effectafstand kleiner, namelijk 307,3 meter. Deze effectafstand wordt berekend voor het scenario 'Breuk- long pipeline' voor het gedeelte van de hogedruk aardgastransportleiding A-605 dat over het geprojecteerde terrein van North Star, bij weerstype D 9. In dit scenario treedt een verticale 'jet fire' (fakkelbrand) op.

Het invloedsgebied van de gehele inrichting is reeds visueel gemaakt in Figuur 4. In Bijlage 4 is een totaaloverzicht opgenomen van de effectafstanden per scenario.

5.4 Scenario's met de grootste risicobijdrage

Ten behoeve van de bepaling van de meest risico-bijdragende scenario's zijn vier zgn. 'Risk Ranking Points' in het model geplaatst. Deze liggen alle vier op of nabij de inrichtingsgrens: één ten noordwesten c.q. ter hoogte van vier vergisterprocestanks, één ten noordoosten waar buisleidingen A-605-02 van Gasunie het terrein van North Star verlaat, één ten zuidoosten tussen twee navergistertanks en de CO_2-opslagtanks in, buiten de terreingrens op de grens van de 1×10-6/jaar PR contour en één ten zuidwesten van de inrichting, nabij het nabijgelegen waterstoftankstation. Deze plaatsen worden aangegeven met blauwe punten in Figuur 4 en Figuur 5.

In onderstaande tabellen zijn de meest risicobijdragende scenario's opgesomd met hun relatieve bijdrage aan het plaatsgebonden risico (PR). Bijlage 5 omvat het volledige 'Individual risk ranking'-rapport.

Tabel 13. Risk Ranking Noordwest – Plaatsgebonden risico

Plaatsgebonden Risico - Scenario	Bijdrage	Cumulatief
Tankwagenverlading salpeterzuur (HNO_3) - Breuk laad-/losslang – Geen ingrijpen Operator	98,5 %	98,5 %
Overige scenario's	1,5 %	100 %

Tabel 14. Risk Ranking Noordoost – Plaatsgebonden risico

Plaatsgebonden Risico - Scenario	Bijdrage	Cumulatief
CO_2 Opslagtank 2 – Vrijkomen in 10 minuten	40,7 %	40,7 %
CO_2 Opslagtank 1 – Vrijkomen in 10 minuten	39,4 %	80,1 %
Leiding A605 – Breuk leiding	16,4 %	96,5 %
Overige scenario's	3,5 %	100 %

Tabel 15. Risk Ranking Zuidoost – Plaatsgebonden risico

Plaatsgebonden Risico - Scenario	Bijdrage	Cumulatief
Tankwagenverlading CO_2 – Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting	82,9 %	82,96 %
CO_2 Opslagtank 1 – Vrijkomen in 10 minuten	8,0 %	90,9 %
CO_2 Opslagtank 2 – Vrijkomen in 10 minuten	7,6 %	98,5 %
Overige scenario's	1,5 %	100 %

Tabel 16. Risk Ranking Zuidwest – Plaatsgebonden risico

Plaatsgebonden Risico - Scenario	Bijdrage	Cumulatief
Tankwagenverlading salpeterzuur (HNO_3) - Breuk laad-/losslang – Geen ingrijpen Operator	99,7 %	99,7 %
Overige scenario's	0,3 %	100 %

De aangevraagde biovergistingsinstallatie van North Star veroorzaakt geen groepsrisico (GR), zoals toegelicht in par. 5.2. Derhalve zijn geen scenario's opgesomd met hun relatieve bijdrage aan het GR.

6 Conclusie

North Star is voornemens om een grootschalige co-mestvergistingsinstallatie op het voormalige GZI-terrein van de NAM aan de Phileas Foggstraat 45 in Emmen te realiseren. Ekwadraat BV verzorgt voor North Star de aanvraag voor de Omgevingsvergunning milieu en heeft aan Oostkracht10 gevraagd de risico's op het gebied van externe veiligheid in beeld te brengen middels een kwantitatieve risicoberekening (QRA).

Het doel van deze QRA is het vaststellen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico van de voorgenomen, risicodragende bedrijfsactiviteiten in de vergistingsinstallatie van North Star in Emmen. Alle berekeningen zijn uitgevoerd conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevi, versie 4.3, gepubliceerd 1 jan. 2021 door het RIVM (aangeduid als Hari) en met het wettelijk voorgeschreven risicoberekeningsprogramma Safeti-NL, versie 8.8.

6.1 Plaatsgebonden Risico

Uit de berekeningen blijkt dat de PR 10^{-6} contour voor een klein gedeelte buiten de inrichtingsgrens komt. In deze zone bevinden zich, volgens de situatie in februari 2023, echter geen (beperkt) kwetsbare objecten. Een toetsing aan het vigerende bestemmingsplan en het bepalen of deze situatie zodoende vergunbaar is, is een taak van het bevoegd gezag.

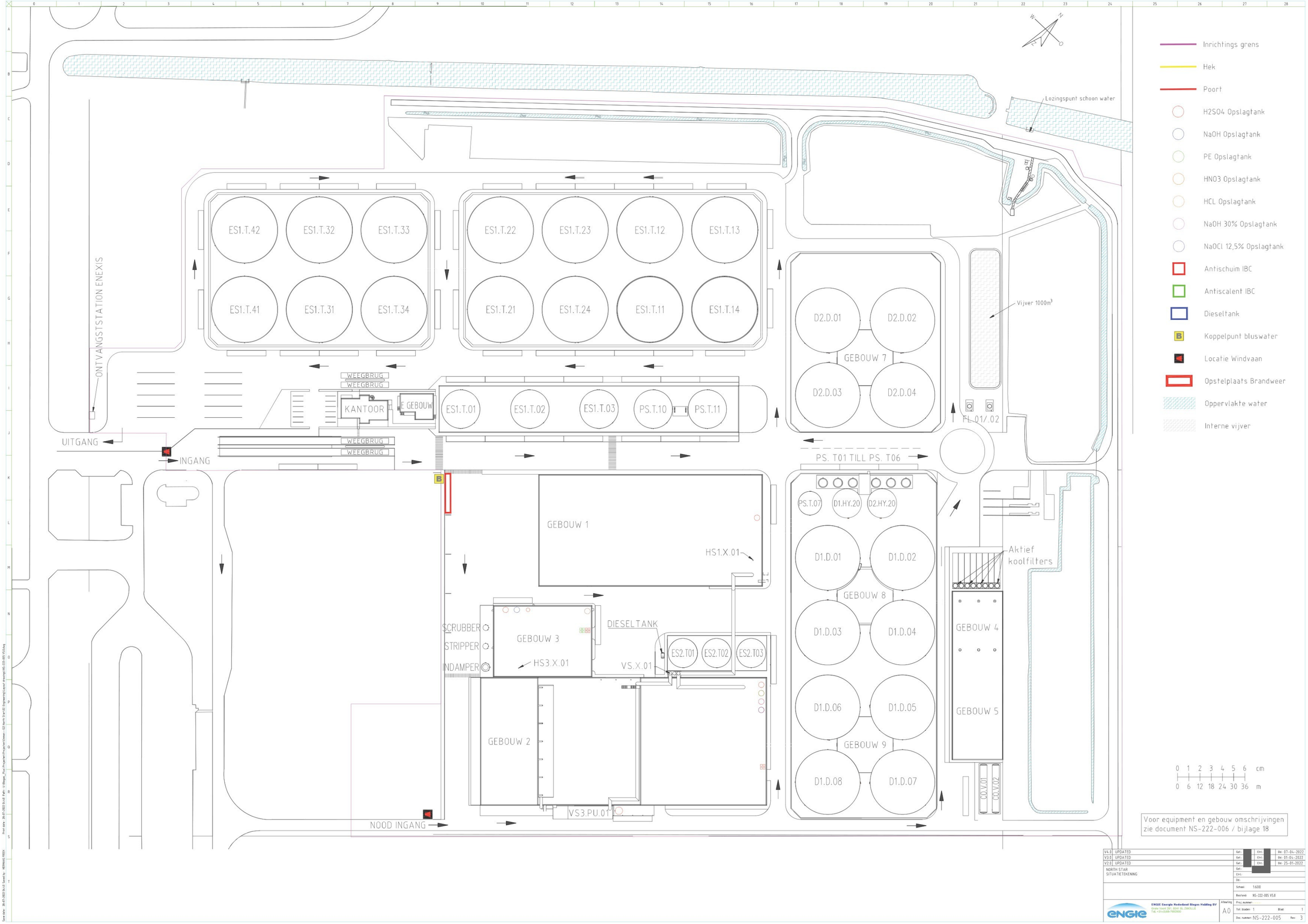
6.2 Groepsrisico

In de toekomstige situatie wordt geen groepsrisico berekend. De reden hiervoor ligt in het feit dat het invloedsgebied weliswaar buiten de terreingrens komt en buurtpercelen overlapt, maar de gedeeltes van de buurtpercelen binnen het invloedsgebied hebben geen (beperkt) kwetsbare objecten met reguliere aanwezigheid van mensen.

6.3 Invloedsgebied

De grootste effectafstand van 355 meter wordt gevonden bij de scenario's 'Vrijgekomen gehele inhoud in 10 minuten' van de twee opslagtanks voor CO2. Ook de scenario's 'Instantaan falen', 'Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting' en 'Breuk laad-/losslang' voor tankwagenverlading met salpeterzuur, hebben een relevante bijdrage aan het invloedsgebied met een afstand van 316 meter. Deze scenario's leiden allen tot een toxische wolk met de grootste effectafstand bij weerstype F 1,5.

Bijlage 1. Plattegrondtekening



V4.0	UPDATED	Gef.: Ctrl.:	Dd: 07-04-2022
V3.0	UPDATED	Gef.: Ctrl.:	Dd: 01-04-2022
V2.0	UPDATED	Gef.: Ctrl.:	Dd: 25-01-2022
NORTH STAR SITUATIETEKENING		Gef.: Ctrl.: Dd:	
		Schaal: 1:600	
		Bestand: NS-222-005 V5.0	
ENGIE Energie Nederland Biogas Holding BV Gistse Veerd 297, 8041 BL ZWOLLE Tel. +31(0)38-7882900		Proj.nummer:	
	Afwijking: A0	Tot. bladen: 1	Blad: 1
		Doc. nummer: NS-222-005	Rev: 3

Bijlage 2. Totaaloverzicht installatie en kenmerken per installatie

Project	*QRA biogasinstallatie North Star consortium te Emmen*
Opdrachtgever	*Ekwadraat BV*
Projectnummer	*2021-088*
Uitvoering OK10	[redacted]
Datum	*18-sep-24*
Versie	*5.0*

Bijlage 2 - Totaaloverzicht Installaties en gegevens

Tank Nr.	Insluitsysteem	Tank Nr.	Proces / opslag	Type installatie voor QRA	Omschrijving / locatie	Modelstof	Bruto volume - biogaskap of -dak [m3]	Volume biogas - vrije ruimte boven liquid (m3)	Totaal volume ruw biogas (m3)	Flow [Nm3/uur]	Maximale Atmosf. / druk	Maximale procestemperatuur [°C]	Hoogte [m]	Diameter [m]
Vergistertanks														
1.1	Hydrolysetank	D1.HY.20	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Alle substraat wordt eerst in een aantal centrale hydrolyse buffers gepompt waar de eerste stap, de hydrolyse, van het vergistingsproces reeds start. Vanuit de hydrolyse buffer wordt het substraat naar een aantal parallel geschakelde hoofdvergisters (8 stuks) gepompt alwaar de bulk van de biogas productie zal plaatsvinden. De hoogte van deze tanks bedraagt 20 meter, waarvan max. 1,5 meter vrije ruimte boven de vloeistof (liquid) wordt gehouden.	Ruw Biogas	0,0	265,1	265,1	n.v.t.	5 mbar(g)	30	20	15
1.2	Hydrolysetank	D2.HY.20	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank		Ruw Biogas	0,0	265,1	265,1	n.v.t.	5 mbar(g)	30	20	15
1.3	Hoofdvergister 1 groep 1	D1.D.01	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.4	Hoofdvergister 2 groep 1	D1.D.02	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.5	Hoofdvergister 3 groep 1	D1.D.03	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.6	Hoofdvergister 4 groep 1	D1.D.04	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.7	Hoofdvergister 1 groep 2	D2.D.01	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.8	Hoofdvergister 2 groep 2	D2.D.02	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.9	Hoofdvergister 3 groep 2	D2.D.03	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.10	Hoofdvergister 4 groep 2	D2.D.04	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Vergisterprocestank, met dubbel membraan gasdak	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	1000	5 mbar(g)	40	14	35
1.11	Thermofiele vergister 1	D1.D.05	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	De thermofiele navergister (met dubbel membraan gasdak) wordt dusdanig geopereerd dat een gegarandeerde minimale verblijftijd van het digestaat van 4,5 uur optreedt (de gemiddelde verblijftijd is een aantal dagen).	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	8000	5 mbar(g)	55	14	35
1.12	Thermofiele vergister 2	D1.D.06	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	De thermofiele navergister (met dubbel membraan gasdak) wordt dusdanig geopereerd dat een gegarandeerde minimale verblijftijd van het digestaat van 4,5 uur optreedt (de gemiddelde verblijftijd is een aantal dagen).	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	8000	5 mbar(g)	55	14	35
1.13	Navergister 3	D1.D.07	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Navergister (met dubbel membraan gasdak) voor substraat (ontgassen van digestaat en pasteurisatie)	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	8000	5 mbar(g)	55	14	35
1.14	Navergister 4	D1.D.08	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Navergister (met dubbel membraan gasdak) voor substraat (ontgassen van digestaat en pasteurisatie)	Ruw Biogas	1800,0	962,1	2762,1	8000	5 mbar(g)	55	14	35
Salpeterzuurtank		**Tank nr. / aantal**					**Bruto volume NHO3 [m3]**	**Dichtheid (ton/m3)**	**Bruto tonnage HNO3 [ton]**					
1.15	Salpeterzuurtank	LFT.T.70	Opslag	Enkelwandige atmosferische tank	Opslagtank voor salpeterzuur (buitentemperatuur, atmosferische druk)	Salpeterzuur (53%)	10,0	1,4	13,7	n.v.t.	Atmosferisch	9,8	10	3000
1.16	Tankwagen	1	Proces	Transport	Betreft een verlaadplaats voor tankwagens (11 tankwagens per jaar, 14 ton verlading per keer) nabij de salpeterzuurtank, hoogte tankwagen = 3 m; diameter verlaadslang = 100 mm	Salpeterzuur (53%)	25,0	1,4	35,0	n.v.t.	Atmosferisch	9,8	3	100 mm
Ontgassing tussen vergister- en navergistertanks		**Aantal**												
2	Warmtewisselaarssysteem	1	Proces	Warmtewisselaar	Na de thermofiele vergistingsstap (1.9) wordt het digestaat in de navergisters (1.10, 1.11) gebracht, waarin door een warmtewisselaar de warmte van dit proces wordt teruggewonnen. Tevens wordt er op deze manier voor gezorgd dat het digestaat volledig is 'uit-vergist' (door koeling wordt dit proces vertraagd en uiteindelijk gestopt), maar hierbij ontstaat nog wel biogas. De navergisters zijn middels een overloop verbonden met één buffertank, welke fluctuaties kan opvangen en daarmee zorgt voor een stabiele voeding voor de digestaatverwerking.	Digestaat (niet relevant)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Biogas-opwerkingsinstallatie (BOI)		**Aantal**			***Binnen deze instalaltie wordt het biogas opgewerkt naar aardgas middels:***									
3.1	Koeling (voorbehandeling, stap 1)	1	Proces	Warmtewisselaar	Allereerst vindt er een voorbehandeling plaats waarbij het biogas wordt gekoeld (en water en anorganische verontreinigingen uit het gas worden gecondenseerd)	Ruw Biogas	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	8000	5 mbar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.2	Actief kool (AC) polishing filters (voorbehandeling, stap 2)	8	Proces	Procesvat	In de actief kool polishing filters worden laatste resten H2S, NH3 en eventuele organische verontreinigingen uit ruw biogas verwijderd.	Ruw Biogas (H2S en NH3 niet relevant)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	8000	5 mbar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.3	Compressoren (voor verdere gasbehandeling)	2	Proces	Compressor	Na de voorbehandeling wordt biogas op druk gebracht in twee stappen: de eerste compressor brengt het gas op een druk van 5 mbar(g) naar 500 mbar(g); de tweede compressor brengt het gas op een druk van 500 mbar(g) naar 16 bar(g).	Ruw Biogas	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	8000	5 mbar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.4	Koelstap (verdere gasbehandeling)	1	Proces	Warmtewisselaar	Na compressie is wederom een koelstap nodig en zal wederom water in het biogas worden gecondenseerd.	Ruw Biogas	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	8000	16 bar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.5	CO2-verwijderingstechniek, met membranen	1	Proces	Procesvat	Na compressie wordt het grootste deel van het CO2 uit het biogas verwijderd. Deze techniek wordt ook gebruikt om de laatste waterresten te verwijderen.	Ruw Biogas	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	8000	16 bar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.6a	Additionele compressor (BIO - aardgasnetwerk Gasunie)	1	Proces	Compressor	Intentie is om het gas via een buisleiding te injecteren in de voormalige en (dus) reeds aanwezige GZI productieleiding en het aardgasnetwerk (66 bar). Hiervoor zal na de gasopwerking en kwaliteitscontrole een additionele compressor (5.6a, van 16 bar(g) naar 66 bar(g)) worden geplaatst i.c.m. een koeler (3.6b) om het gas op de juiste druk (66 bar) en temperatuur in te voeren.	Gereinigd biogas/-methaan	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	5000	80 bar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.6b	Warmtewisselaar (koeler)	1	Proces	Warmtewisselaar		Gereinigd biogas/-methaan	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	5000	80 bar(g)	20	n.v.t.	n.v.t.
3.7	*Ammoniak-koelinstallatie*	*1*	*Proces*	*n.v.t.*	*Voor het koelen van CO2 wordt gebruik gemaakt van een ammoniak-koelinstallatie met maximale inhoud van 2.500 kg. Deze installatie is niet relevant voor deze QRA, omdat op basis van het Revi (tabel 3 uit Bijlage 2) geen invloedsgebied geldt (zie par. 3.1.5 van de QRA-rapportage).*	*Watervrije ammoniak (niet relevant)*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*
Affakkelinstallatie		**Aantal**												
n.v.t.	*Mobiele affakkelingsinstallaties*	*2*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*Incidenteel gebruik van fakkelinstallaties*	*Niet relevant*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*	*n.v.t.*

Buisleidingen		Aantal	Ligging		Beschrijving	Modelstof	Lengte (m)	Diameter (mm)	Hoogte (m)	Flow [Nm3/uur]	Druk	Temperatuur
4.1	Verbindend leidingwerk vanaf hoofdvergisters naar thermofiele navergister/navergisters	1	Bovengronds	Leiding	Leidingonderdelen vanuit de hoofdvergisters (1.1 t/m 1.8) naar de thermofiele navergister en navergisters	Ruw biogas	750	300	9,5	8000	5 mbar(g)	40
4.2	Gesloten systeem van leidingen vanuit navergisters naar gasopwerkingsinstallatie	1	Ondergronds	Leiding	Leidingonderdelen vanuit de navergisters (1.10 en 1.11) en buffertank (1.12) naar de gasopwerkingsinstallatie	Ruw biogas	750	500	n.v.t. (ondergronds)	8000	5 mbar(g)	55
4.3	Biogasleiding naar actief kool (AC-) polishing filters	5	Ondergronds	Leiding	Biogasleiding naar de actief kool polishing filters (8 stuks, 3.2)	Ruw biogas	50	250	n.v.t. (ondergronds)	8000	5 mbar(g)	20
4.4	Biogasleiding van AC-filters naar compressoren	5	Ondergronds	Leiding	Biogasleiding van de actief kool (AC) polishing filters naar de compressor	Ruw biogas	50	250	n.v.t. (ondergronds)	8000	5 mbar(g)	20
4.5	Leidingen van compressoren naar membranen (CO2-verwijderingstechniek)	5	Ondergronds	Leiding	Biogasleiding van de compressor naar de membranen	Ruw biogas	50	100	n.v.t. (ondergronds)	8000	16 bar(g)	20
4.6	Leidingen van membranen met schoon biogas naar laatste compressor	3	Ondergronds	Leiding	Leiding met groen gas (methaan) van de membranen naar de compressor	Ruw biogas	50	150	n.v.t. (ondergronds)	5000	16 bar(g)	20
4.7	Leiding tussen laatste compressor naar aansluiting op aardgasnetwerk Nederlandse Gasunie (66 bar)	1	Ondergronds	Leiding	Leiding tussen gasopwerkingsinstallatie GZI North Star op bestaande aansluiting op aardgasnetwerk Nederlandse Gasunie (66 bar)	Gereinigd biogas/-methaan	200	100	n.v.t. (ondergronds)	5000	66 bar(g)	20
4.8	Leiding gasopwerking naar CO2-vervloeiingsinstallatie (aanvoer)	1	Bovengronds	Leiding	Leiding tussen gasopwerkingsinstallatie GZI North Star en CO2-vervloeiingsinstallatie, met opslagtanks	Koolstofdioxide (CO2)	112	400	2,2	3000	5 mbar(g)	20

CO2-vervloeiingsinstallatie		Aantal				Modelstof	Massa CO2 (ton)	Bruto volume, CO2 [m3]	Hoogte (m)	Diameter (mm)	Flow [Nm3/uur]	Druk	Temperatuur	
5.1	CO2-compressor (van 5 mbar naar 25 bar)	1	Proces	Compressor	Na de voorbehandeling wordt CO2 op druk gebracht van 5 mbar(g) naar 25 bar(g)	Koolstofdioxide (CO2)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	400	3000	5 mbar(g)	20	n.v.t.
5.2	Warmtewisselaar (koeler)	1	Proces	Warmtewisselaar	Na de compressiestap wordt CO2 gekoeld van de procestemperatuur naar de opslagtemperatuur (ca. -20 C).	Koolstofdioxide (CO2)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	400	3000	25 bar(g)	-20	
5.3	CO2-opslagtank (CO.V.01)	1	Opslag	Opslag onder druk	CO2-opslagtank met capaciteit van 250 ton, opslag bij 25 bar	Koolstofdioxide (CO2)	250	244,8	2,2	1700	n.v.t.	20 bar(g)	-20	
5.4	CO2-opslagtank (CO.V.02)	1	Opslag	Opslag onder druk	CO2-opslagtank met capaciteit van 250 ton, opslag bij 25 bar	Koolstofdioxide (CO2)	250	244,8	2,2	1700	n.v.t.	20 bar(g)	-20	
5.5	Tankwagen	1	Proces	Transport	Betreft een verlaadplaats met tankwagens (6 tankwagens per dag, 20 ton verlading per keer) nabij de CO2-opslagtanks, hoogte = 3 m; diameter verlaadslang = 100 mm	Koolstofdioxide (CO2)	20	18,7	4	300	40000	20 bar(g)	-20	

Hogedruk gastransportleidingen		Aantal	Ligging			Modelstof	Ontwerpdruk (bar(g))	Diameter (mm)	Hoogte (m)	Volume	Temperatuur
6.1	A-605, GZI-leiding Emmen-Ommen	1	Ondergronds	Leiding	Hogedruk aardgastransportleiding (bestaand; ligging over voorm. NAM-terrein)	Methaan (aardgas)	79,9	762	0	niet relevant	9,8
6.2	A-605-02, H-gas GZI - GETEC	1	Ondergronds	Leiding	Hogedruk aardgastransportleiding (vergund, nieuw; vanaf inrichting North Star naar noordoosten; parallel aan afvoerleiding 4.7 en H2-leiding X-807).	Methaan (aardgas)	79,9	152,4	0	niet relevant	9,8
6.3	X-807, H2 GZI - GETEC	1	Ondergronds	Leiding	Hogedruk waterstofleiding (vergund, nieuw; vanaf inrichting North Star naar noordoosten)	Waterstof	66,2	152,4	0	niet relevant	9,8

Bijlage 3. Totaaloverzicht ongevalscenario's met faalfrequenties

Project	*QRA biogasinstallatie North Star consortium te Emmen*
Opdrachtgever	*Ekwadraat BV*
Projectnummer	*2021-088*
Uitvoering OK10	[redacted]
Datum	*18 septe,ber 2024*
Versie	*5*

Bijlage 3 - Totaaloverzicht Scenario's

Algemene gegevens Ruw Biogas en gebruik

Parameter	Gegevens	Gegevens	Gegevens	Gegevens
Modelstof	Ruw Biogas	Gereinigd biogas	Koolstofdioxide (CO2)	Salpeterzuur
Aggregatietoestand	Gasvormig	Gasvormig	Gasvormig	Vloeibaar
Verhouding Methaan (CH4) en CO2	60/40	100/0	n.v.t.	n.v.t.
Druk	5 mbar(g) - 16 bar(g)	16 bar(g) - 66 bar(g)	5 mbar(g) - 25 bar(g)	5 mbar(g)
Temperatuur	35 °C	20 °C	-20 °C	21,1 °C
Molecuulgewicht [g/mol]	28,6	18,8	44,0	63,0
Dichtheid [kg/m3]	1,12	0,74	1,98	1400
Maximale Flow [Nm3/uur]	8000	5000	3000	n.v.t.

Enkelwandige atmosferische opslagtanks (12 vergisters, 2 hydrolysetanks, 1 salpeterzuurtank)	***Ruw Biogas***	***Salpeterzuur***
	1.1/1.2; 1.3-1.10; 1.11-1.14	1.15

Faalscenario's Enkelwandige atmosferische opslagtanks *2 hydrolysetanks, 8 hoofdvergistertanks, 1 thermofiele navergister, 3 navergistertanks, 1 salpeterzuurtank*

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	Frequentie [per jaar]	Opmerkingen aangaande nalevering
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5,00E-06	per jaar	1	5,00E-06	Voor de (na)vergisters onaangepast gemodelleerd aangezien de Nalevering geen impact heeft. Voor de Hydrolyse tanks is het instantaan falen scenario gemodelleerd als het vrijkomen in 30 minuten, inclusief de nalevering
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten	5,00E-06	per jaar	1	5,00E-06	Gemodelleerd als een Leak-scenario om de nalevering tevens in rekening te kunnen brengen. Het uitstroomdebiet is gelijk aan de basisinhoud van het vat in 10 minuten.
Continu vrijkomen uit een gat met een diameter van 10 mm	1,00E-04	per jaar	1	1,00E-04	Scenario wordt niet beinvloed door nalevering

Bovengrondse (gas)opslagtanks onder druk (2 CO2-opslagtanks)	***CO2-opslagtanks***
	1.16, 1.17

Uitgangspunten

Parameter	CO2
Modelstof	CO2
Volume per tank	245 m3
CO2 gewicht per tank	250 ton
Druk	20 mbar(g)
Temperatuur	-20 °C
Ligging	Bovengronds
Hoogte tank	2,2 m
Hoogte Onderzijde tank	0,5 m
Uitstromingshoogte instantaan (halverwege de vloeistofkolom)	1,35 m
Uitstromingshoogte Continue scenario's	1 m
Uitstromingsrichting	Horizontaal
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht 100%

Faalscenario's CO2-opslagtanks *2 CO2-opslagtanks, cilindrische/horizontale opslagtanks (25 ton, 20 bar(g))*

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	Frequentie [per jaar]
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5,00E-07	per jaar	1	5,00E-07
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten	5,00E-07	per jaar	1	5,00E-07
Continu vrijkomen uit een gat met een diameter van 10 mm	1,00E-05	per jaar	1	1,00E-05

Compressoren

	Ruw Biogas	***Ruw Biogas***	***Gereinigd Biogas***	***CO2***
	3.3a	3.3b	3.6a	5.1
	Eerste compressie/blowers	*Verdere gasbehandeling*	*Additionele compressor*	*CO2-compressor (van 5 mbar naar 25 bar)*

Uitgangspunten

Parameter	Ruw Biogas	Ruw Biogas	Gereinigd Biogas	Koolstofdioxide
Modelstof	Methaan / CO2	Methaan / CO2	Methaan	CO2
Stroomsnelheid [Nm3/uur]	Max 8000	8000	5000	3000
Uitstromingssnelheid (1,5 × Stroomsnelheid) [Nm3/uur]	nvt	12000	7500	4500
Uitstroomsnelheid in kg/s	vrije uitstroom	3,01	2,80	1,54
Druk	5 mbar(g)	500 mbar(g)	16 bar(g)	5 mbar(g)
Temperatuur	20 °C	20 °C	20 °C	-20 °C
Ligging	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds
Leidingdiameter (aanvoerend)	250 mm	250 mm	150 mm	400 mm
Uitstromingshoogte	1 m	1 m	1 m	1 m
Uitstromingsduur	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec
Uitstromingsrichting	Verticaal	Verticaal	Verticaal	Verticaal
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%

Faalscenario's Compressoren

				Onderdeel 3.3		*Onderdeel 3.6a*		*Onderdeel 5.1*		
Scenario	**Basis-frequentie**	**Frequentie-eenheid**	**Bedrijfsduur [fractie]**	**# Ruw Biogas**	**Frequentie Ruw Biogas**	**# Gereinigd Biogas**	**Frequentie Gereinigd Biogas**	**# Koolstofdioxide**	**Frequentie Koolstofdioxide**	**Opmerkingen**
Catastrofaal falen	1,00E-04	per jaar	1	1	1,00E-04	1	1,00E-04	1	1,00E-04	Gecorrigeerd voor aantal compressoren per installatie-onderdeel
Lek (10% diameter)	4,40E-03	per jaar	1	1	4,40E-03	1	4,40E-03	1	4,40E-03	Gecorrigeerd voor aantal compressoren per installatie-onderdeel

Procesvaten

	Ruw Biogas
	3.2, 3.5

Uitgangspunten Procesvaten

	AC-filters	*CO2-verwijderingstechniek*	
Parameter	**Ruw Biogas (3.2)**	**Ruw Biogas (3.5)**	
Modelstof	Methaan / CO2	Methaan / CO2	
Stroomsnelheid [Nm3/uur]	8000	8000	*Ingaande flow van procesvat*
Uitstromingssnelheid (1,5 × Stroomsnelheid)	n.v.t.	12000	
Uitstroomsnelheid in kg/s	n.v.t.	3,7333	*Na compressoren in biogas-opwerkingsinstallatie (ruw biogas)*
Druk	5 mbar	16 bar	*Hoogste druk, na compressiestap (worst-case)*
Temperatuur	20 °C	20 °C	
Ligging	Bovengronds	Bovengronds	
Leidingdiameter in mm (aanvoerend)	250	100	
Hoogte / Breedte	n.v.t.	n.v.t.	
Uitstromingshoogte	1 m	1 m	
Uitstromingsduur	1800 sec	1800 sec	
Uitstromingsrichting	Horizontaal	Horizontaal	
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	

Faalscenario's Procesvat

				Onderdeel 3.2		*Onderdeel 3.5*		
Scenario	**Basis-frequentie**	**Frequentie-eenheid**	**Bedrijfsduur [fractie]**	**# Ruw Biogas**	**Frequentie Ruw Biogas**	**# Ruw Biogas**	**Frequentie Ruw Biogas**	**Opmerkingen**
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van het reactorvat / procesvat	5,00E-06	per jaar	1	8	4,00E-05	5	2,50E-05	Instantaan falen en continue uitstroom gaat uit van de uitstroom op basis van de aanvoer, gemodelleerd in één scenario (totale faalfrequenties: 8,00E-5 (onderdeel 3.2) en 5,00E-5 (onderdeel 3.5))
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. In een continue en constante stroom	5,00E-06	per jaar	1	8	4,00E-05	5	2,50E-05	
Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1,00E-04	per jaar	1	8	8,00E-04	5	5,00E-04	

Warmtewisselaars

	Ruw Biogas	***Koolstofdioxide***
	3.1, 3.4, 3.6b	3.7

Uitgangspunten Procesvaten

	AC-filters	*CO2-verwijderingstechniek*		
Parameter	**Ruw Biogas (3.1)**	**Ruw Biogas (3.4)**	**Gereinigd Biogas (3.6b)**	**CO2 (3.7)**	
Modelstof	Methaan / CO2	Methaan / CO2	Methaan	Koolstofdioxide	
Stroomsnelheid [Nm3/uur]	8000	8000	5000	n.v.t.	*Ingaande flow van procesvat*
Uitstromingssnelheid (1,5 × Stroomsnelheid)	n.v.t.	12000	7500	n.v.t.	
Uitstroomsnelheid in kg/s	n.v.t.	6,0187	1,8693	138,8889	*Safeti-NL berekend o.b.v. gewicht (kg) bij heersende druk en temperatuur*
Druk	5 mbar	16 bar	66 bar	25 bar	*Hoogste druk, na compressiestap (worst-case)*
Temperatuur	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	
Ligging	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds	
Leidingdiameter in mm (aanvoerend)	750	250	100	400	
Kleinere lekkage bij 'breuk van 1 pijp' (10% van oppervlakte van de aanvoerende leiding) in mm	237,2	79,1	31,6	126,5	
Lek met een effectieve diameter (10% van nominale diameter van één pijp, max. 50 mm) in mm	23,7	7,91	3,16	12,65	
Hoogte / Breedte	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
Uitstromingshoogte	1 m	1 m	1 m	1 m	
Uitstromingsduur	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec	
Uitstromingsrichting	Horizontaal	Horizontaal	Horizontaal	Horizontaal	
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	

Faalscenario's Warmtewisselaars (gevaarlijke stof binnen de pijpleidingen, met mantel met ontwerpdruk lager/gelijk aan de maximaal optredende druk van de gevaarlijke stof in de pijpleiding)

Scenario	**Basis-frequentie**	**Frequentie-eenheid**	**Bedrijfsduur [fractie]**	**# Ruw Biogas** (*onderdeel 3.2, 3.4, 3.6b*)	**Frequentie Ruw Biogas**	**# Koolstofdioxide** (*onderdeel 3.7*)	**Frequentie Koolstofdioxide**
Breuk van 10 pijpen tegelijkertijd	1,00E-05	per jaar	1	1	1,00E-05	1	1,00E-05
Breuk van 1 pijp	1,00E-03	per jaar	1	1	1,00E-03	1	1,00E-03
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter van één pijp, maximaal 50 mm	1,00E-02	per jaar	1	1	1,00E-02	1	1,00E-02

Berekening kleinere lekkage bij 'breuk van 1 pijp' (10% van oppervlakte van de aanvoerende leiding, voorbeeld voor 750 mm)

mm (diameter leiding)	mm (diameter 1 pijp)
750,00	237,2
mm2 (totaal oppervlakte leiding)	mm2 (oppervlakte 1 pijp, 10% van totaal oppervlakte leiding)
441786	44178,6

Leidingen

Ruw Biogas	*Gereinigd Biogas*	*CO2*
4.1-4.6	4.7	4.8

Uitgangspunten Leidingen

Parameter	Ruw Biogas					Gereinigd Biogas		Koolstofdioxide (CO2)
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8
Modelstof	Ruw biogas (methaan/CO2)	Ruw biogas (methaan/CO2)	Ruw biogas (methaan/CO2)	Ruw biogas (methaan/CO2)	Ruw biogas (methaan/CO2)	Gereinigd biogas (methaan)	Gereinigd biogas (methaan)	Koolstofdioxide (CO2)
Stroomsnelheid [Nm3/uur]	8000	8000	8000	8000	8000	5000	5000	3000
Uitstromingssnelheid (1,5 × Stroomsnelheid)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	12000	7500	7500	n.v.t.
Uitstroomsnelheid in kg/s	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,01	2,80	0,93	n.v.t.
Druk	5 mbar	5 mbar	5 mbar	5 mbar	16 bar	16 bar	66 bar	5 mbar
Temperatuur	40 °C	35 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C
Ligging	Bovengronds	Ondergronds	Ondergronds	Ondergronds	Ondergronds	Ondergronds	Ondergronds	Bovengronds
Leidingdiameter	300 mm	500 mm	250 mm	250 mm	100 mm	150 mm	100 mm	400 mm
Lengte (m)	750	750	50	50	50	50	100	112*
Uitstromingshoogte	9,5 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	1,1 m
Uitstromingsduur	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec	1800 sec
Uitstromingsrichting	Horizontaal	Verticaal	Verticaal	Verticaal	Verticaal	Verticaal	Verticaal	Horizontaal
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%

**Safeti-NL bepaald (Koolstofdioxide, CO2)*

Faalscenario's Leidingen Bovengronds - Nominale diameter > 150 mm **4.1**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Ruw Biogas	Lengte [m]	Frequentie Ruw Biogas
Breuk van de leiding	1,00E-07	per meter / jaar	1	1	750	7,50E-05
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm	5,00E-07	per meter / jaar	1	1	750	3,75E-04

Vrijkomen per verzamelleidingen 7.1&7.2		vrijkomen uit de verzamelleiding vanuit vergistertanks (4x biovergisters hoeveelheden + 1x biogasopslagtank)
5816	m3	
Vrijkomen uit totale leiding uit biogas-blower (7.3)		vrijkomen uit totale leiding naar compressor (8x biovergisters hoeveelheden + 1x biogasopslagtank)
8632	m3	

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Overige leidingen **4.2**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Ruw Biogas	Lengte [m]	Frequentie Ruw Biogas
Breuk van de leiding	5,00E-07	per meter / jaar	1	1	750	3,75E-04
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	1,50E-06	per meter / jaar	1	1	750	1,13E-03

Berekening verdubbelde uitstroomopening in leiding 4.1

300	mm	diameter leiding
70685,83	mm2	oppervlakte leiding
141371,67	mm2	2x oppervlakte leiding
212,13	mm	straal oppervlakte leiding
424,26	**mm**	**diameter oppervlakte leiding**

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Overige leidingen **4.3**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Ruw Biogas	Lengte [m]	Frequentie Ruw Biogas
Breuk van de leiding	5,00E-07	per meter / jaar	1	5	50	1,25E-04
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	1,50E-06	per meter / jaar	1	5	50	3,75E-04

Berekening verdubbelde uitstroomopening in leiding 4.2

500	mm	diameter leiding
196349,54	mm2	oppervlakte leiding
392699,08	mm2	2x oppervlakte leiding
353,55	mm	straal oppervlakte leiding
707,11	**mm**	**diameter oppervlakte leiding**

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Overige leidingen **4.4**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Ruw Biogas	Lengte [m]	Frequentie Ruw Biogas
Breuk van de leiding	5,00E-07	per meter / jaar	1	5	50	1,25E-04
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	1,50E-06	per meter / jaar	1	5	50	3,75E-04

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Overige leidingen **4.5**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Ruw Biogas	Lengte [m]	Frequentie Ruw Biogas
Breuk van de leiding	5,00E-07	per meter / jaar	1	5	50	1,25E-04
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	1,50E-06	per meter / jaar	1	5	50	3,75E-04

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Overige leidingen **4.6**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Ruw Biogas	Lengte [m]	Frequentie Ruw Biogas
Breuk van de leiding	5,00E-07	per meter / jaar	1	3	50	7,50E-05
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	1,50E-06	per meter / jaar	1	3	50	2,25E-04

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Overige leidingen **4.7**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# Methaan	Lengte [m]	Frequentie Methaan
Breuk van de leiding	5,00E-07	per meter / jaar	1	1	200	1,00E-04
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	1,50E-06	per meter / jaar	1	1	200	3,00E-04

Faalscenario's CO2-leiding Bovengronds - Nominale diameter > 150 mm **4.8**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bedrijfsduur [fractie]	# CO2	Lengte [m]	Frequentie CO2
Breuk van de leiding	1,00E-07	per meter / jaar	1	1	150	1,50E-05
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm	5,00E-07	per meter / jaar	1	1	150	7,50E-05

Verlading	*CO2*	HNO3
CO2- en HNO3-tankwagens	5.1	5.2

Algemene gegevens CO2-tankwagen

Parameters	Afvoer Per trailer	
Doorzet op jaarbasis CO2 [ton/jaar]	44817	
Aantal vrachtwagens [/jaar]	2241	
Aantal vrachtwagens [/dag]	6,14	
Bruto maximaal gewicht tankwagen [ton]	20	
Doorzet per dag [ton]	123	
Maximale vullingsgraad trailer	100%	
Druk (bar)	25	
Temperatuur (°C)	-20	Temperatuur tot vloeibaar verdicht CO2
Type trailer	Druk	Reservoir
Verladingsduur per tankwagen [uur]	0,5	
Pomp-debiet [kg/uur]	39997	Onbegrensd
Uitstroomdebiet [kg/s]	16,67	O.b.v. 3600 sec
Verladingsduur op jaarbasis [uur]	1120,5	
Factor aanwezigheidsduur t.o.v. ladingsduur	1,50	*50% van de tijd extra*
Aanwezigheidsduur op jaarbasis [uur]	1681	
Medium verlading [slang (metaal/composiet) / arm]	Verbeterde losslang	*Composietslangen*
Diameter verlaadslang/aansluiting (mm)	100	
LOD Lossing - Losslang en Pomp	Automatische inblok	
LOD trailer terugstroom	Terugslagklep	
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht evenredig	
Bruto maximaal volume opslagtank [ton]	250	
Maximale vullingsgraad opslagtank	100%	

Faalscenario's tankwagens voor CO2-verlading (tot vloeistof verdicht gas)

Scenario (tabel 42, tankauto's met reservoir onder druk)	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Totale verladingsduur per jaar [uur]	Duur van uitstroming [sec]	Duur van Terugstroom [sec]	Uitstroomdebiet [kg/s]	Terugstroom-debiet	Vrijkomende hoeveelheid [kg]	Frequentie [per jaar]	Opmerkingen
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5,00E-07	per jaar	1681	Instantaan	Nvt	Nvt	nvt	19999	8,40E-04	-
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5,00E-07	per jaar	1681	Nvt	Nvt	*361,17*	nvt	19999	8,40E-04	-

*Berekend in Safeti-NL**

Scenario (tabel 49, verlading)	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Totale verladingsduur per jaar [uur]	Duur van uitstroming [sec]	Duur van Terugstroom [sec]	Uitstroomdebiet [kg/s]	Terugstroom-debiet	Vrijkomende hoeveelheid [kg]	Frequentie [per jaar]	Opmerkingen
Breuk losslang (100 mm) Effectief ingrijpen Operator	3,60E-06	per uur	1120,5	120	Nvt	*166,7*	nvt	20004	4,03E-03	-
Breuk losslang (100 mm) Niet effectief ingrijpen Operator	4,00E-07	per uur	1120,5	1800	Nvt	*166,7*	nvt	300060	4,48E-04	-
Lek losslang (10 mm)	4,00E-05	per uur	1120,5	1800	Nvt	*3,61*	nvt	6501	4,48E-02	-

*Berekend in Safeti-NL**

Algemene gegevens HNO3-tankwagen

Parameters	Afvoer Per trailer	
Doorzet op jaarbasis HNO3 [ton/jaar]	150	
Aantal vrachtwagens [/jaar]	11	O.b.v. tankinhoud 10 m3 (14 ton)
Bruto maximaal gewicht tankwagen [ton]	35	O.b.v. inhoud tankwagen 25 m3 (35 ton)
Doorzet per verlading [ton]	14	O.b.v. tankinhoud 10 m3 (14 ton)
Maximale vullingsgraad tankwagen	100%	
Druk (bar)	Atmosferisch	
Temperatuur (°C)	21,2	Minimale te gebruiken temperatuur voor modellering (NO2 anders niet gasvormig)
Type trailer	Atmosferisch	Reservoir
Verladingsduur op jaarbasis [uur]	11	
Aanwezigheidsduur op jaarbasis [uur]	13	Gecorrigeerd voor 15 min. extra aanwezigheid per verlading
Pomp-debiet [kg/uur]	14000	Onbegrensd
Medium verlading [slang (metaal/composiet) / arm]	Losslang	
Diameter verlaadslang/aansluiting (mm)	100	
Technische maatregelen/beveiligingen	Geen	
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht evenredig	

20 min per tankwagen, 6 tankwagens

Faalscenario's tankwagens voor HNO3-verlading

Scenario (tabel 41, tankauto's met atmosferische tank)	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Totale verladingsduur per jaar [uur]	Duur van uitstroming [sec]	Duur van Terugstroom [sec]	Uitstroomdebiet [kg/s]	Terugstroom-debiet	Vrijkomende hoeveelheid [kg]	Frequentie [per jaar]	Opmerkingen
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	1,00E-05	per jaar	13,393	Instantaan	Nvt	Nvt	nvt	35000	1,53E-08	-
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5,00E-07	per jaar	13,393	Nvt	Nvt	*46,43*	nvt	35000	7,64E-10	-

*Berekend in Safeti-NL**

Scenario (tabel 49, verlading)	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Totale verladingsduur per jaar [uur]	Duur van uitstroming [sec]	Duur van Terugstroom [sec]	Uitstroomdebiet [kg/s]	Terugstroom-debiet	Vrijkomende hoeveelheid [kg]	Frequentie [per jaar]	Opmerkingen
Breuk losslang (100 mm) Effectief ingrijpen Operator	3,60E-06	per uur	10,714	120	Nvt	5,83	nvt	700	3,86E-05	-
Breuk losslang (100 mm) Niet effectief ingrijpen Operator	4,00E-07	per uur	13,393	1800	Nvt	5,83	nvt	10500	5,36E-06	-
Lek losslang (10 mm)	4,00E-05	per uur	10,714	1800	Nvt	*0,46*	nvt	836	4,29E-04	-

Buisleidingen (extern)	*Aardgas*	*Waterstof*
	6.1, 6.2	6.3

Uitgangspunten Leidingen

Parameter	Ruw Biogas		Waterstof	
	6.1	6.2	6.3	
Naam/aanduiding leiding	A-605	A-605-02	X-807	
Modelstof	Methaan (aardgas)	Methaan (aardgas)	Waterstof	
Relative breach size aperture (fraction)	1	1	1	*Worst-case, alleen relevant voor breukscenario; tabel 6 uit Module D*
Distance to break (m)	16000	16000	16000	*Leiding gemodelleerd als lengte van 32 km (32.000 m.), uitgegaan van een uitstromingsrichting*
Ruwheidslengte leiding (mm)	0,045	0,045	0,045	*Default in Safeti-NL (45 μm); tabel 10 uit Module D*
Ontwerpdruk	79,9 bar(g)	79,9 bar(g)	66,2 bar(g)	
Temperatuur	9,8 °C	9,8 °C	9,8 °C	*Buitentemperatuur*
Ligging	Ondergronds	Ondergronds	Ondergronds	
Leidingdiameter	762 mm	152,4 mm	152,4 mm	
Lengte (m)	32000	32000	32000	*Default in Safeti-NL*
Pumped inflow (kg/s)	0	0	0	*Default in Safeti-NL*
Uitstromingshoogte	0 m	0 m	0 m	*0,01 ingevoerd in Safeti-NL*
Uitstromingsduur	1800 sec	1800 sec	1800 sec	*Average between two times: 0 en 20 sec. (default in Safeti-NL)*
Uitstromingsrichting	Verticaal	Verticaal	Verticaal	
Verdeling dag- (08:00 - 18:30) / nachtperiode (18:30 - 08:00)	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	Dag / nacht 100%	

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Hogedruk gastransportleidingen **6.1**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bronterm	Ontstekingskans (aardgas)	Frequentie Ruw Biogas	
Breuk van de leiding	5,60E-09	per meter / jaar	> 100 kg/s	0,09	5,04E-10	*Bronterm berekend in Safeti-NL*
Lek in de leiding (10% van de leidingdiameter, max. 50 mm)	2,00E-08	per meter / jaar	10 - 100 kg/s	0,04	8,00E-10	*Bronterm berekend in Safeti-NL*
Flenslek (10% van de leidingdiameter, maximaal 50 mm)	9,30E-07	per flens / jaar	10 - 100 kg/s	0,04	3,72E-08	

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Hogedruk gastransportleidingen **6.2**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bronterm	Ontstekingskans (aardgas)	Frequentie Ruw Biogas	
Breuk van de leiding	5,60E-09	per meter / jaar	> 100 kg/s	0,09	5,04E-10	*Bronterm berekend in Safeti-NL*
Lek in de leiding (10% van de leidingdiameter, max. 50 mm)	2,00E-08	per meter / jaar	< 10 kg/s	0,02	4,00E-10	*Bronterm berekend in Safeti-NL*
Flenslek (10% van de leidingdiameter, maximaal 50 mm)	9,30E-07	per flens / jaar	< 10 kg/s	0,02	1,86E-08	

Faalscenario's Leidingen Ondergronds - Hogedruk gastransportleidingen **6.3**

Scenario	Basis-frequentie	Frequentie-eenheid	Bronterm	Ontstekingskans (waterstof)	Frequentie Waterstof
Breuk van de leiding	5,60E-09	per meter / jaar	n.v.t.	1	5,60E-09
Lek in de leiding (10% van de leidingdiameter, max. 50 mm)	2,00E-08	per meter / jaar	n.v.t.	1	2,00E-08

Aanvullende berekeningen salpeterzuur (HNO3) voor atmosferische opslagtank

Salpeterzuur 53%

Omzetting naar stikstofdioxide (NO2);

Berekening tankinhoud

10	m3	Volume salpeterzuur (m3)
1,37	ton/m3	Dichtheid salpeterzuur (ton/m3)
13,7	ton	Massa salpeterzuur (ton)
10,004	ton	Massa stikstofdioxide (ton)

$qv = q^2v \times A$ (kg/s)

$q^2v = km \times Pv \times m / (R \times Tps)$ (kg/(m2 s))

km = Cm&m × u w,10

0.78 × (2 × r)-0.11 × Sc-0.67 (m/s)

Sc = uV/Da » 0.8

Berekening bij scenario's 'Lekkage' en 'Uitstroom in 10 min.'

Plasoppervlakte (A)	9	m2	
Pool radius (m)	1,69	m	
Pool diameter (m)	3,39	m	
Berekening bij scenario 'Instantaan falen'			
Plasoppervlakte (A)	13,5	m2	
Pool radius (m)	2,07	m	
Pool diameter (m)	4,15	m	
Algemeen			
Temperatuur vloeistofplas	21,1	Celsius	*Temperatuur waarbij NO2 niet meer gasvormig is* — *bron: RIVM*
Dampspanning	9,4	mbar	*Dampspanning bij een 55% oplossing conform VIB* — *MSDS*

Scenario's 'Lekkage' en 'Uitstroom in 10 min.'

Bronterm (qv)	**0,003716**	**kg/s**	Omzetting naar NO2
Omzetting naar NO2	**0,002713**	**kg/s**	0,63 HNO2
			0,46 NO2
			0,7302 factor
qvv	0,000412911	kg/m2 s	
Cmm	0,004786		Vaste waarde…
Sc	0,8		Schmidt getal
Pv	940	N/m2	Dampspanning
r	1,692568751	m	Straal vloeistofplas
uw 10	5	m/s	Windsnelheid op 10 meter
u (molc gew) NO2	0,04601	kg/mol	Molecuulgewicht (NO2)
u (molc gew) HNO3	0,06301	kg/mol	Molecuulgewicht (HNO3)
km	0,01705476	m/s	Massa transfer coefficient
R	8,314	j/K mol	Gasconstante
Tps	294,25	K	Temperatuur plas (K)

Scenario 'Instantaan Falen'

Bronterm (qv)	**0,005451**	**kg/s**	Omzetting naar NO2
Omzetting naar NO2	**0,003980**	**kg/s**	0,63 HNO2
			0,46 NO2
			0,7302 factor
qvv	0,000403805	kg/m2 s	
Cmm	0,004786		Vaste waarde…
Sc	0,8		Schmidt getal
Pv	940	N/m2	Dampspanning
r	2,072964897	m	Straal vloeistofplas
uw 10	5	m/s	Windsnelheid op 10 meter
u (molc gew) NO2	0,04601	kg/mol	Molecuulgewicht (NO2)
u (molc gew) HNO3	0,06301	kg/mol	Molecuulgewicht (HNO3)
km	0,016678638	m/s	Massa transfer coefficient
R	8,314	j/K mol	Gasconstante
Tps	294,25	K	Temperatuur plas (K)

Aanvullende berekeningen salpeterzuur (HNO3) voor tankwagen (atmosferisch)

Salpeterzuur 53%

Omzetting naar stikstofdioxide (NO2);

qv = q²v × A (kg/s)
q²v = km × Pv × m / (R× Tps) (kg/(m2 s))
km = Cm&m × u w,10
0.78 × (2 × r)-0.11 × Sc-0.67 (m/s)
Sc = uV/Da » 0.8

Berekening tankinhoud

25	m3	Volume salpeterzuur (m3)
1,37	ton/m3	Dichtheid salpeterzuur (ton/m3)
34,25	ton	Massa salpeterzuur (ton)
25	ton	Massa stikstofdioxide (ton)

Berekening bij scenario's 'Lekkage 10 mm'

Hoeveelheid uitstroom	1144,22	liter	Uitstroom conform Safeti-NL van 0,464 kg/s
Plasoppervlakte (A)	57	m2	20 L/m2
Pool radius (m)	4,27	m	
Pool diameter (m)	8,53	m	

Berekening bij scenario's 'Uitstroom in 10 min.', 'Breuk laad-/losslang (100 mm)' en 'Instantaan falen'

Hoeveelheid uitstroom	25,00	m3	Gehele tankwagen potentieel
Plasoppervlakte (A)	1	m2	20 L/m2
Pool radius (m)	0,63	m	
Pool diameter (m)	1,26	m	

Berekening bij scenario 'Breuk laad-/losslang (100 mm) met effectief ingrijpen Operator'

Hoeveelheid uitstroom	958,45		Uitstroom conform pompdebiet van 5,83 kg/s
Plasoppervlakte (A)	48	m2	20 L/m2
Pool radius (m)	3,91	m	
Pool diameter (m)	7,81	m	

Algemeen

Temperatuur vloeistofplas	21,1	Celsius	*Temperatuur waarbij NO2 niet meer gasvormig is*	*bron: RIVM*
Dampspanning	9,4	mbar	*Dampspanning bij een 55% oplossing conform VIB*	*MSDS*

Scenario's 'Lekkage 10 mm'

Bronterm (qv)	**0,021338**	**kg/s**	Omzetting naar NO2
Omzetting naar NO2	**0,015580**	**kg/s**	0,63 HNO2
			0,46 NO2
qvv	0,000372974	kg/m2 s	0,7302 factor
Cmm	0,004786		Vaste waarde…
Sc	0,8		Schmidt getal
Pv	940	N/m2	Dampspanning
r	4,267422004	m	Straal vloeistofplas
uw 10	5	m/s	Windsnelheid op 10 meter
u (molc gew) NO2	0,04601	kg/mol	Molecuulgewicht (NO2)
u (molc gew) HNO3	0,06301	kg/mol	Molecuulgewicht (HNO3)
km	0,015405205	m/s	Massa transfer coefficient
R	8,314	j/K mol	Gasconstante
Tps	294,25	K	Temperatuur plas (K)

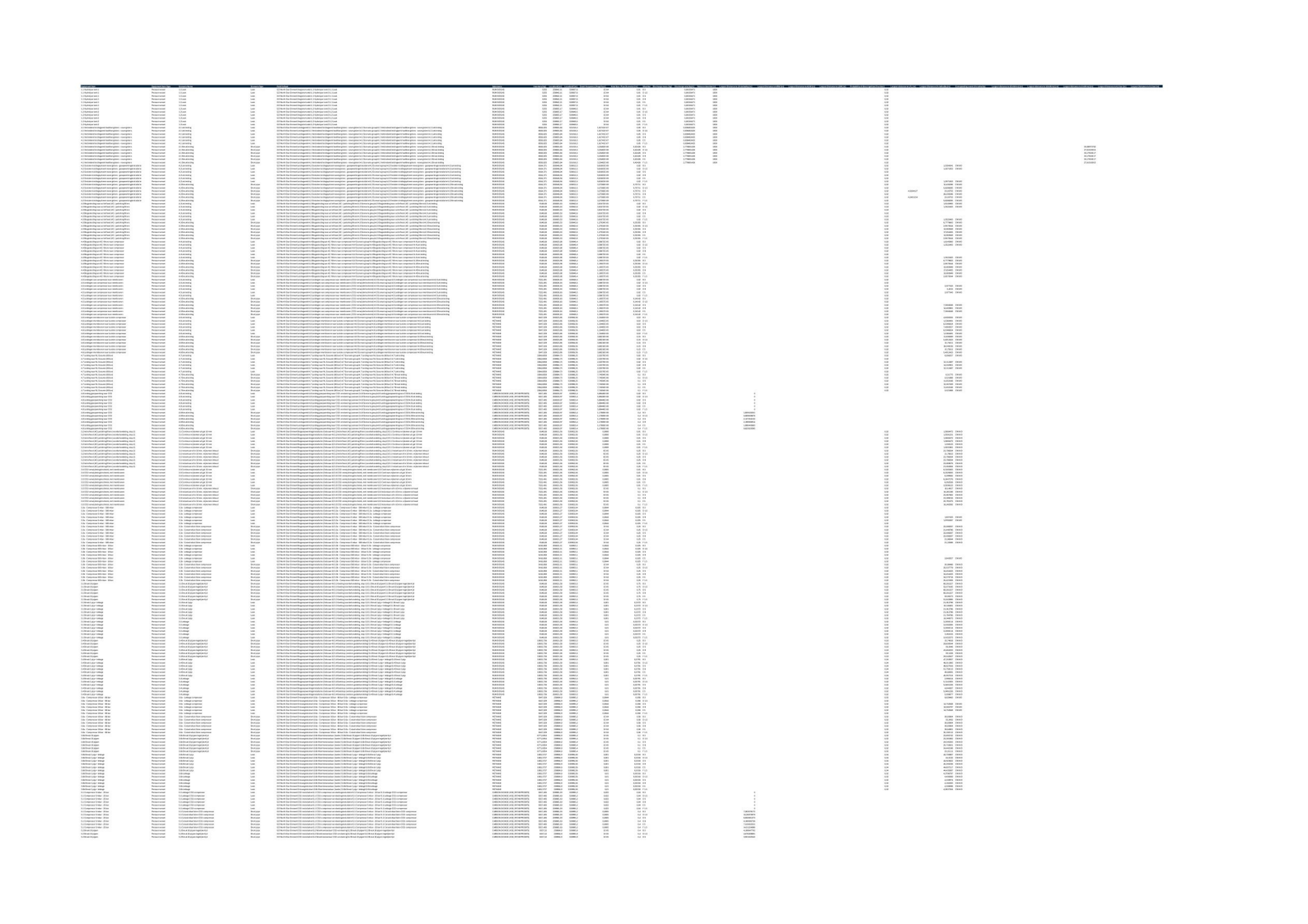
Scenario's 'Uitstroom in 10 min.', 'Breuk laad-/losslang (100 mm) zonder ingrijpen Operator' en 'Instantaan Falen'

Bronterm (qv)	**0,000575**	**kg/s**	Omzetting naar NO2
Omzetting naar NO2	**0,000420**	**kg/s**	0,63 HNO2
			0,46 NO2
qvv	0,000460267	kg/m2 s	0,7302 factor
Cmm	0,004786		Vaste waarde…
Sc	0,8		Schmidt getal
Pv	940	N/m2	Dampspanning
r	0,630783131	m	Straal vloeistofplas
uw 10	5	m/s	Windsnelheid op 10 meter
u (molc gew) NO2	0,04601	kg/mol	Molecuulgewicht (NO2)
u (molc gew) HNO3	0,06301	kg/mol	Molecuulgewicht (HNO3)
km	0,019010735	m/s	Massa transfer coefficient
R	8,314	j/K mol	Gasconstante
Tps	294,25	K	Temperatuur plas (K)

Scenario's 'Uitstroom in 10 min.', 'Breuk laad-/losslang (100 mm)' en 'Instantaan Falen'

Bronterm (qv)	**0,018049**	**kg/s**	Omzetting naar NO2
Omzetting naar NO2	**0,013179**	**kg/s**	0,63 HNO2
			0,46 NO2
qvv	0,000376626	kg/m2 s	0,7302 factor
Cmm	0,004786		Vaste waarde…
Sc	0,8		Schmidt getal
Pv	940	N/m2	Dampspanning
r	3,905667338	m	Straal vloeistofplas
uw 10	5	m/s	Windsnelheid op 10 meter
u (molc gew) NO2	0,04601	kg/mol	Molecuulgewicht (NO2)
u (molc gew) HNO3	0,06301	kg/mol	Molecuulgewicht (HNO3)
km	0,015556046	m/s	Massa transfer coefficient
R	8,314	j/K mol	Gasconstante
Tps	294,25	K	Temperatuur plas (K)

Bijlage 4. Maximale effectafstanden



Bijlage 5. Bijdrage installatie aan het Plaatsgebonden Risico

Group Name	Group Type
Combination 1	Combination

Risk Ranking Point Name	RRP East [m]	RRP North [m]
Risk ranking point (zuidoost)	260145,67	530767,25

Building Type Name	Risk Total [/AvgeYear]
Outdoor vulnerability	1,81656E-07

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.3 CO2-opslagtank (CO.V.01)\5.3 CO2-opslagtank (CO.V.01)\5.3 Catastrophic rupture	1	260094,5	530878,3	1E-06	2,30184E-09	0,633577725	0,002301839

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,15092E-09	100	0,024384247

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.3 CO2-opslagtank (CO.V.01)\5.3 CO2-opslagtank (CO.V.01)\5.3 Fixed duration release	1	260094,5	530878,3	1E-06	2,89363E-08	7,964661425	0,028936261

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,44681E-08	100	0,349391829

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.4 CO2-opslagtank (CO.V.02)\5.4 CO2-opslagtank (CO.V.02)\5.4 Catastrophic rupture	1	260099,2	530882,2	1E-06	1,85398E-09	0,510303814	0,001853975

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	9,26988E-10	100	0,019639854

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.4 CO2-opslagtank (CO.V.02)\5.4 CO2-opslagtank (CO.V.02)\5.4 Fixed duration release	1	260099,2	530882,2	1E-06	2,75883E-08	7,593637587	0,027588301

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,37942E-08	100	0,288632241

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.5 Tankwagenverlading CO2\5.5 Tankwagen\5.5 CO2 Tankwagen\5.5 Vrijkomen inhoud vanuit grootste aansluiting	1	260089,5	530869,8	0,00168	3,0119E-07	82,90196361	0,000179279

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,50595E-07	100	0,005181626

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.1 A-605\6.1 Breukscenario A-605\6.1 Scenario group\6.1 Breuk - long pipeline\6.1 Location specific breach	1	260027,4	531042,1	2,88262E-09	2,52366E-12	0,000694633	0,000875473

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	2,52366E-12	100	0,038513834

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.1 A-605\6.1 Breukscenario A-605\6.1 Scenario group\6.1 Breuk - long pipeline\6.1 Location specific breach	2	260031,8	531045,7	2,88262E-09	2,14175E-12	0,000589514	0,000742986

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	2,14175E-12	100	0,035573046

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Breuk laad-/losslang (1) - Niet ingrijpen operator	1	259895,8	530811,5	1,072E-05	1,42923E-09	0,39339269	0,000133323

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	7,14614E-10	100	0,009749243

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Instantaan falen	1	259895,8	530811,5	3,06E-08	4,0797E-12	0,001122931	0,000133323

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	2,03985E-12	100	0,009749242

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting	1	259895,8	530811,5	1,528E-09	2,03718E-13	5,60731E-05	0,000133323

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,01859E-13	100	0,009749241

Risk ranking point (noordoost)	260065,61	531069,4

Building Type Name	Risk Total [/AvgeYear]
Outdoor vulnerability	1,23752E-08

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.3 CO2-opslagtank (CO.V.01)\5.3 CO2-opslagtank (CO.V.01)\5.3 Fixed duration release	1	260094,5	530878,3	1E-06	8,18426E-09	39,3756111	0,008184265

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	4,09213E-09	100	0,180355861

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\CO2-installaties\5.4 CO2-opslagtank (CO.V.02)\5.4 CO2-opslagtank (CO.V.02)\5.4 Fixed duration release	1	260099,2	530882,2	1E-06	8,46058E-09	40,70499877	0,00846058

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	4,23029E-09	100	0,186444981

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.1 A-605\6.1 Breukscenario A-605\6.1 Scenario group\6.1 Breuk - long pipeline\6.1 Location specific breach	1	260027,4	531042,1	2,88262E-09	1,70411E-09	8,198693919	0,591165343

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	1,70411E-09	100	0,591165252

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.1 A-605\6.1 Breukscenario A-605\6.1 Scenario group\6.1 Breuk - long pipeline\6.1 Location specific breach	2	260031,8	531045,7	2,88262E-09	1,70951E-09	8,224707172	0,593041024

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	1,70951E-09	100	0,593040933

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.2 A-605-2\6.2 Breukscenario A-605-2\6.2 Scenario group\6.2 Breuk leiding\6.2 Location specific breach	1	260027,7	531042	2,80644E-09	1,99671E-10	0,960644497	0,071147475

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	1,99671E-10	100	0,118858222

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.2 A-605-2\6.2 Breukscenario A-605-2\6.2 Scenario group\6.2 Breuk leiding\6.2 Location specific breach	2	260032	531045,5	2,80644E-09	3,51988E-10	1,693463376	0,125421677

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	3,51988E-10	100	0,184866304

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Breuk laad-/losslang (1) - Niet ingrijpen operator	1	259895,8	530811,5	1,072E-05	1,74463E-10	0,839365572	1,62745E-05

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	8,72315E-11	100	0,001183409

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Instantaan falen	1	259895,8	530811,5	3,06E-08	4,98001E-13	0,002395951	1,62745E-05

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	2,49001E-13	100	0,00118341

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting	1	259895,8	530811,5	1,528E-09	2,48675E-14	0,000119641	1,62745E-05

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,24338E-14	100	0,00118341

Risk ranking point (noordwest)	259734,55	531024,56

Building Type Name	Risk Total [/AvgeYear]
Outdoor vulnerability	3,79763E-10

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.1 A-605\6.1 Breukscenario A-605\6.1 Scenario group\6.1 Breuk - long pipeline\6.1 Location specific breach	1	260027,4	531042,1	2,88262E-09	5,00596E-12	0,667131098	0,001736599

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	5,00596E-12	100	0,039673841

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Gasleidingen\6.1 A-605\6.1 Breukscenario A-605\6.1 Scenario group\6.1 Breuk - long pipeline\6.1 Location specific breach	2	260031,8	531045,7	2,88262E-09	4,14881E-12	0,552900807	0,001439248

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Continuous release No rainout Immediate Vertical Jet fire Only	4,14881E-12	100	0,038198765

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Breuk laad-/losslang (1) - Niet ingrijpen operator	1	259895,8	530811,5	1,072E-05	7,39002E-10	98,48480758	6,89368E-05

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	3,69501E-10	100	0,006912335

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Instantaan falen	1	259895,8	530811,5	3,06E-08	2,10947E-12	0,281122758	6,89368E-05

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,05473E-12	100	0,006912336

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting	1	259895,8	530811,5	1,528E-09	1,05335E-13	0,01403776	6,89368E-05

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	5,26677E-14	100	0,006912334

RRP H2-tankstation	259754,73	530627,8

Building Type Name	Risk Total [/AvgeYear]
Outdoor vulnerability	1,39166E-09

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Breuk laad-/losslang (1) - Niet ingrijpen operator	1	259895,8	530811,5	1,072E-05	2,775E-09	99,70119404	0,000258862

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,3875E-09	100	0,020908806

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Instantaan falen	1	259895,8	530811,5	3,06E-08	7,92118E-12	0,284594818	0,000258862

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	3,96059E-12	100	0,020908806

Model Name	Location Index	Model East [m]	Model North [m]	Model Frequency [/AvgeYear]	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
GZI North Star Emmen\Salpeterzuurtank\1.16 Tankwagen salpeterzuur (HNO3)\1.16 Toxische plas - Vrijkomen inhoud uit grootste aansluiting	1	259895,8	530811,5	1,528E-09	3,95541E-13	0,01421114	0,000258862

Outcome Type Description	Total Risk [/AvgeYear]	Pct. Risk	Risk / Outcome
Toxic effects for a release in which Only toxic effects were modelled	1,97771E-13	100	0,020908808