



TÜVRheinland®
Risktec

Rapport

Kwantitatieve risicoanalyse gasbehandelings- en
compressie locatie Boekelermeer (BKM)

Opgesteld voor – TAQA

Documentnummer: TRISNL-01-R-02

Revisie: 3.0

Datum: 28 november 2025

Copyright ©

This document has been prepared by Risktec Solutions BV. Subject to any contractual terms between Risktec Solutions BV and its client to the contrary, it is the property of Risktec Solutions BV. It shall not be reproduced in whole or part, nor disclosed to a third party without the express written permission of the owner. This document has been specifically prepared for the client of Risktec Solutions BV and no responsibility to third parties is accepted unless expressly agreed in writing.

ISO9001:2015

Risktec Solutions Limited is an ISO 9001:2015 company approved by Alcumus ISOQAR, a UKAS accredited ISO certification body. Our certification, number 9783-QMS, can be verified by scanning the QR Code below or the certificate can be supplied on request.



SAMENVATTING

TAQA is voornemens de testopstelling van de "dry gas cooling loop" definitief te maken. Middels de "dry gas cooling loop" wordt een klein gedeelte van het aardgas wat gedroogd is gebruikt als koelmedium voor de elektrische aangedreven compressoren. De gasbehandelings- en compressieinstallatie Boekelermeer (hierna BKM) blijft behoudens deze wijziging ongewijzigd t.o.v. de situatie in 2016.

Deze kwantitatieve risicoanalyse (QRA) is derhalve een update van de risicoanalyse uit 2016 [10] met bovengenoemde wijziging. De QRA van 2016 had als doel zo veel mogelijk maatwerk toe te passen binnen de kaders van de *Handleiding Risicoberekeningen BEVI* (HRB) [7] waarbij de kavels in de directe omgeving (invloedsgebied) zo veel mogelijk zijn opgevuld/in-gebruik genomen zonder dat de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt overschreden.

Methode

In de voorliggende QRA zijn de risico's ten gevolge van het mogelijk vrijkomen van gevaarlijke stoffen door lekkages of het falen van de omhulling, zogenaamde "*Loss Of Containment*" (LOC) gebeurtenissen, volgens de voorgeschreven methode zo realistisch mogelijk gekwantificeerd.

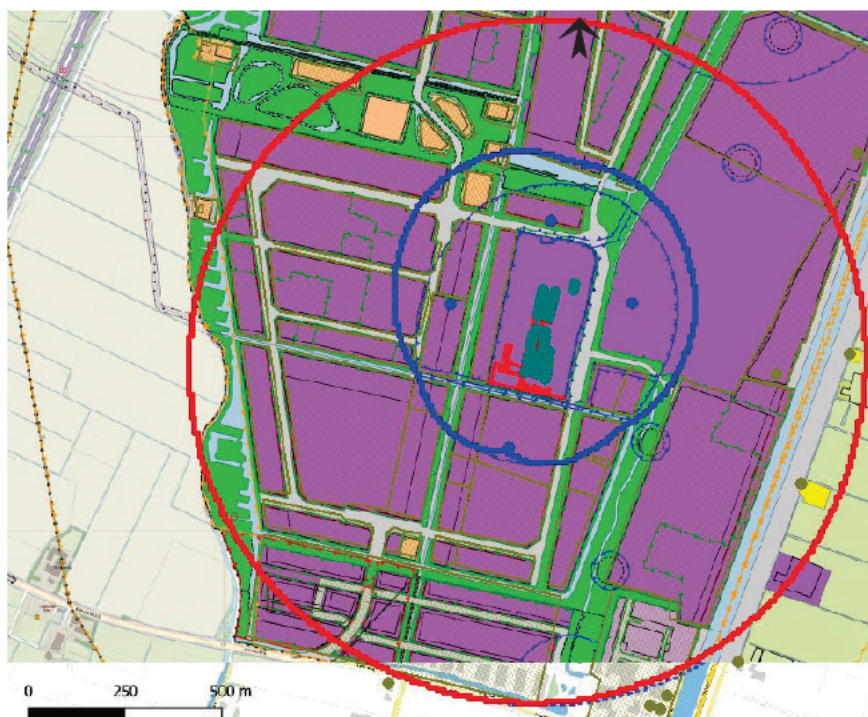
De QRA heeft betrekking op de gehele inrichting. In de huidige situatie betreft dit de afscheiders, warmtewisselaars, compressoren (inclusief de "dry gas cooling"), tanks en bijbehorend leidingwerk. Ook de exportleiding tot aan de inrichtingsgrens en de importleiding vanaf de inrichtingsgrens maken deel uit van de inrichting Boekelermeer (BKM).

Bij het opstellen van de scenario's is maatwerk geleverd. Het maatwerk van de QRA uit 2016 is als een gegeven overgenomen en is uitsluitend de modellering van de scenario's ten gevolge van de "dry gas cooling loop" toegevoegd conform de modelleringsuitgangspunten zoals die, met name, zijn beschreven in hoofdstuk 10 Module II van de *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid* (ROV) [8].

Voor het bepalen van de effecten en het berekenen van de risico's is gebruik gemaakt van het softwarepakket Safeti-NL (met grotendeels niet wijzigbare Nederlandse instellingen) [1]. Dit pakket is door de Nederlandse overheid aangewezen als verplicht programma voor het uitvoeren van QRA's voor externe veiligheid [2].

Resultaten

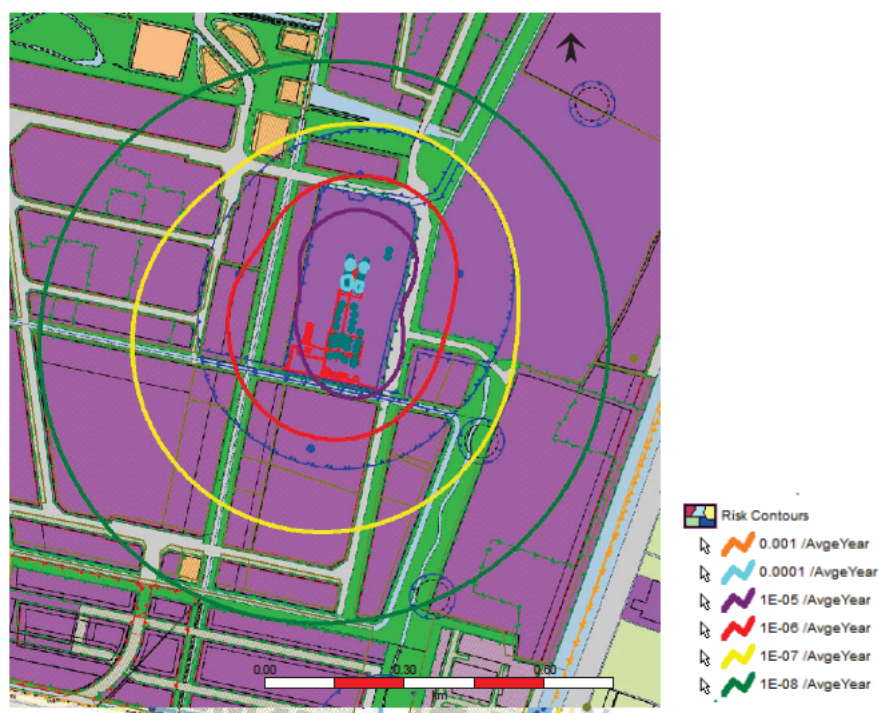
Voor de activiteit van het behandelen en comprimeren van aardgas op de locatie BKM kunnen twee (brand en explosie) van de drie soorten gevaren (brand, explosie en gifwolk) optreden. De aandachtsgebieden voor brand en explosie zijn weergegeven in onderstaande figuur in rood respectievelijk blauw. Merk op dat het aandachtsgebied het totale gebied is waarin explosieoverdruk of warmtestralingsdrempelwaarden zouden kunnen worden bereikt onder de meest ongunstige omstandigheden en dat hierbij geen rekening wordt gehouden met de waarschijnlijkheid van optreden.



Figuur 1: Brand (rood) en Explosie (blauw) aandachtsgebieden t.g.v. TAQA Boekelermeer

Het externe risico wordt uitgedrukt als het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR). De risico's worden uitgedrukt als de kans op een dodelijk letsel per jaar. Daarnaast zijn de aandachtsgebieden berekend.

De plaatsgebonden risicocontouren zijn weergegeven in onderstaande figuur.

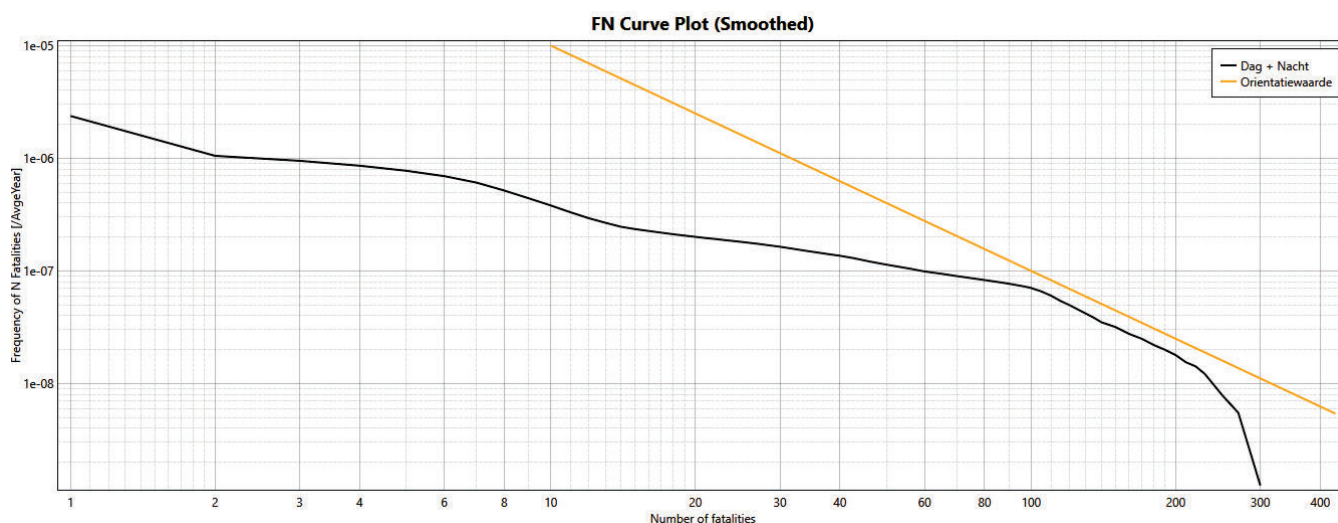


Figuur 2: PR contouren t.g.v. TAQA Boekelermeer

De ligging van de 1E-06 per jaar PR contour ten noorden, westen en ten zuiden van BKM vooral wordt bepaald door het risico op de leidingbreuk van de BGS transportleiding en aan de oostzijde eveneens door de Regeneratie Gas/Gas heat exchangers (warmtewisselaars).

De dry gas cooling loop heeft geen significante bijdrage aan de ligging van de 1E-06 per jaar PR contour.

Naast het plaatsgebonden risico is het groepsrisico berekend. Het groepsrisico wordt bepaald door het aantal aanwezige personen binnen het invloedsgebied. De oranje lijn geeft de oriënterende waarde aan zoals vermeld in de *Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico* [6] en de zwarte lijn representeert het berekende groepsrisico.



Figuur 3: Groepsrisico t.g.v. TAQA Boekelermeer

De belangrijkste bijdragen aan het groepsrisico wordt geleverd door:

- Injectie Mode\24 inch BGS transportline\full bore rupture van up en downstream.
- Injectie Mode\Compression outlet shop 1 en 2\24 inch discharge header\full bore down 24 inch direct.

De dry gas cooling loop heeft geen significante bijdrage aan het groepsrisico.

Conclusies

Aandachtsgebieden

Er vallen kwetsbare en beperkt kwetsbare gebouwen binnen de brand- en explosie-aandachtsgebieden. Omdat het maximale aantal dodelijke slachtoffers meer is dan 10, zal er door het bevoegd gezag een omgevingsplan moeten worden opgesteld.

Plaatsgebonden en Groepsrisico

De 1E-06 per jaar PR-contour blijft binnen de veiligheidszone-bevi, zoals opgesteld voor het Rijksinpassingsplan (RIP) [12] en vigerend in de bestemmingsplannen Boekelermeer Noord [13] en Boekelermeer Zuid [14]. Deze veiligheidszone is in Figuur 2 als blauwe contour weergegeven. Binnen deze veiligheidszone bevinden zich geen kwetsbare gebouwen (uitsluitend beperkt kwetsbare gebouwen).

Het berekende Plaatsgebonden Risico voldoet derhalve aan de normstelling in het Omgevingsregeling [3].

Het berekende groepsrisico ligt juist onder de oriëntatiewaarde. Het dichtst bij de oriëntatiewaarde ligt het groepsrisico bij circa 80-200 slachtoffers en nadert deze tot circa 40%. Bij grotere en kleinere groepen is deze afstand groter.

In de kavels welke, geheel of deels, binnen het RIP vallen is uitgegaan van een lage personendichtheid (conform de gehanteerde dichtheden uit de QRA welke ten grondslag ligt aan het RIP). Voor de kavels die slechts een deel van de kavel als gedefinieerd in het vlekkenplan uit het bestemmingsplan beslaan, is de oorspronkelijke dichtheid aangehouden voor de delen die binnen de 1E-06 per jaar PR contour en voor de delen die daarbuiten liggen is gerekend met een verhoogde dichtheid.

Rekening houdend met de (deels) verhoogde personen dichtheid ten opzichte van het RIP, overschrijdt het groepsrisico de oriënterende normwaarden zoals gedefinieerd in het Omgevingsregeling niet.

Bij een afwijkende personendichtheid over meerdere kavels binnen het RIP kunnen de uitkomsten verschillen. Dit geldt ook voor de kavels binnen het bestemmingsplan Boekelermeer Noord en Boekelermeer Zuid.

ISSUE RECORD

Issue	Date	Auteur	Contoleur	Goedkeurder	Revisie	Geschiedenis
0.1	29-sep-25	5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e		Interne versie
1.0	10-okt-25					Initiële versie naar klant
2.0	6-nov-25					Commentaar klant verwerkt
3.0	28-nov-25					Commentaar klant verwerkt

DISTRIBUTIE

5.1.2.e	TÜV Rheinland Industrial Services, United Kingdom
	TAQA, Netherlands
File	Risktec Solutions BV, Rijswijk, The Netherlands

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	2
Distributie	5
Inhoudsopgave.....	6
Afkorting	8
1 Introductie	9
1.1 Inleiding	9
1.2 Context Externe Veiligheid	9
1.3 Gebruikte Informatiebronnen	12
2 Beschrijving Inrichting.....	13
2.1 Locatie	13
2.2 Procesbeschrijving.....	13
2.3 Materialen, Samenstellingen en Voorbeeldstoffen	15
3 Uitgangspunten QRA	16
3.1 Algemeen	16
3.2 Selectie van Installaties voor de QRA	16
3.3 Beschrijving van de Installatiedelen	17
4 LOC Scenario's.....	18
4.1 Uitstroming.....	18
4.2 Initiële Faalkansen	22
5 Effectberekening	23
5.1 Algemeen	23
5.2 Weer en Ruwheidslengte	23
5.3 Ontstekingskansen	23
6 Blootstelling en Schade.....	25
6.1 Populatie & Risk Ranking Points.....	25
6.2 Modellering van de Schade.....	25
6.3 Effectafstanden Dominante Scenario's.....	26
7 QRA Resultaten	27
7.1 Aandachtsgebieden	27
7.2 Plaatsgebonden Risico	28
7.3 Groepsrisico.....	31
8 Conclusie	33
8.1 Aandachtsgebieden	33
8.2 Plaatsgebonden risico	33
8.3 Groepsrisico.....	33
9 Referenties	34
Appendix A Toelichting per installatiedeel.....	A.1
Slokkenvanger V-1301.....	A.1
Feed coolers.....	A.2
Suction KO Drums.....	A.3
Compressoren.....	A.3
Balance Piston Air Coolers.....	A.4
After Coolers van de compressortreinen	A.4
Wet Gas Scrubbers van de DPCU treinen.....	A.4

Adsorbers (DPCU)	A.5
Gas/Gas Heat Exchangers van de DPCU treinen	A.5
Regeneratie Gas Heaters (DCPU).....	A.5
Regeneratie Aftercoolers.....	A.6
Regeneratie KO Vessels DPCU treinen	A.6
Filter Seperatoren DPCU treinen	A.6
Aardgascondensaat opslagtanks	A.6
Aardgascondensaat verlading	A.6
Leidingen	A.7
Appendix B Safeti-NL Scenarios	B.1
Appendix C Personendichtheid	C.1
Appendix D locaties van kwetsbare gebouwen en locaties	D.1

AFKORTINGEN

Afkorting	Beschrijving	Afkorting	Beschrijving
BEVI	Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen	LOC	Loss Of Containment
BGM	Bergermeer	LP	Long pipeline
BGS	Bergermeer Storage	LR	Line rupture
Bkl	Besluit kwaliteit leefomgeving	P&ID	Process & Instrumentation Diagram Flow Scheme
BKM	Boekelermeer	PFD	Process Flow Diagram
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion	PR	Plaatsgebonden Risico
CGR	Condensate to Gas ratio	QRA	Quantitative Risk Assessment
DPCU	Dew Point Correction Unit	REVI	Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen
ESD	Emergency Shut Down	RIP	Rijksinpassingsplan
GR	Groepsrisico	RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
GTS	Gasunie Transport Services	ROV	Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid
HIPPS	High Integrity Pressure Protection System	RRP	Risk Ranking Points
HRB	Handleiding Risicoberekeningen BEVI	SIL	Safety Integrity Level
KO	Knock-out	SodM	Staatstoezicht op de Mijnen Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (tegenwoordig Ministerie voor Infrastructuur en Milieu, WIA)
LBW	LevensBedreigende Waarde	VROM	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
LFL	Lower Flammability Limit	Wabo	

1 INTRODUCTIE

1.1 Inleiding

TAQA is voornemens de testopstelling van de "dry gas cooling loop" definitief te maken. Middels de "dry gas cooling loop" wordt een klein gedeelte van het aardgas wat gedroogd is gebruikt als koelmedium voor de elektrische aangedreven compressoren. De gasbehandelings- en compressieinstallatie Boekelermeer (hierna BKM) blijft behoudens deze wijziging ongewijzigd t.o.v. de situatie in 2016

Op verzoek van de TAQA Onshore B.V. (TAQA) heeft Risktec voor BKM een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd inclusief de wijzigingen ten gevolge van de "dry gas loop". Deze QRA is een update van de risicoanalyse uit 2016 [10]. De QRA van 2016 had als doel zo veel mogelijk maatwerk toe te passen binnen de kaders van de *Handleiding Risicoberekeningen BEVI* (HRB) [7] waarbij de kavels in de directe omgeving (invloedsgebied) zo veel mogelijk zijn opgevuld/in-gebruik genomen zonder dat de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt overschreden.

Bij het opstellen van de scenario's is maatwerk geleverd. Het maatwerk van de QRA uit 2016 is als een gegeven overgenomen en is uitsluitend de modellering van de scenario's ten gevolge van de "dry gas cooling loop" toegevoegd conform de modelleringsuitgangspunten zoals die, met name, zijn beschreven in hoofdstuk 10 Module II van de *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid* (ROV) [8].

Voor het bepalen van de effecten en het berekenen van de risico's is gebruik gemaakt van het softwarepakket Safeti-NL (met grotendeels niet wijzigbare Nederlandse instellingen) [1]. Dit pakket is door de Nederlandse overheid aangewezen als verplicht programma voor het uitvoeren van QRA's in het kader de *Besluit kwaliteit leefomgeving* (Bkl) [2].

Voor de vergunningaanvraag dient rekening gehouden te worden met de risico's voor de externe veiligheid (d.w.z. het risico buiten de inrichting). De risico's worden in kaart gebracht voor de situatie zoals voorzien voor de duur van de vergunning.

In deze QRA zijn de externe veiligheidsrisico's getoetst aan de normen voor niet-categoriale inrichtingen uit het Bkl.

De risico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden risico (PR) en het Groepsrisico (GR).

1.2 Context Externe Veiligheid

1.2.1 Het Beleid

Zowel het BEVI [4] als het REVI [5] zijn sinds 1 januari 2024 komen te vervallen. In plaats daarvan is het Bkl [2] van kracht geworden. De grootste verandering ten opzichte van de vorige wetgeving is het gebruik van aandachtsgebieden voor de verschillende gevaren. Ook worden de gevaren niet langer in verband gebracht met een "locatie" of "organisatie", maar met een activiteit. Hierdoor kan het Bkl-besluit een breder scala aan gevaren omvatten. De gevaarlijke activiteit in de BKM locatie zal de gasbehandeling en -compressie zijn.

De *Handleiding Risicoberekeningen BEVI* (HRB) [7] vervangen door het *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid* (ROV) [8]. De inhoud van het HRB met betrekking tot de risico- en gevolgberekeningen is grotendeels overgenomen in het nieuwe handboek.

1.2.2 Plaatsgebonden risico, groepsrisico en aandachtsgebieden

In het Bkl § 5.1.2.2 zijn de wettelijke grens- en standaardwaarden opgenomen voor het PR in relatie tot omliggende gebouwen en locaties en zijn de aandachtsgebieden gedefinieerd. Deze grens- en standaardwaarden moeten worden toegepast bij de besluitvorming in het kader van de omgevingsvergunning (verlening) en van de locatie van de fysieke leefomgeving.

1.2.2.1 Plaatsgebonden risico (PR)

Het PR is een maat voor het risico op overlijden op een bepaalde locatie. Het is hierbij niet van belang of een persoon daadwerkelijk op deze locatie aanwezig is. Het PR betreft de kans per jaar dat een gemiddelde fictieve persoon op een bepaalde locatie in de omgeving van een locatie overlijdt als gevolg van een incident met gevaarlijke stoffen binnen genoemde locatie, ervan uitgaande dat deze persoon onbeschermd en permanent op deze locatie aanwezig is. Punten met een gelijke PR worden met elkaar verbonden en vormen zo de iso-risicocontouren.

Bij het beoordelen van het PR wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende typen kwetsbare gebouwen en locaties (zie Bijlage VI van het Bkl.).

Een gebouw is 'zeer kwetsbaar' als het een gebouw is voor mensen die zichzelf niet op tijd in veiligheid kunnen brengen. Het gaat om de volgende gebouwen:

- woonfunctie voor 24-uurszorg
- basisscholen
- scholen voor minderjarigen met een lichamelijke of geestelijke beperking
- dagverblijf van personen met een lichamelijke of geestelijke beperking
- gezondheidszorg met bedgebied (ziekenhuizen en verpleeghuizen)
- kinderopvang
- gevangenissen

Kwetsbare gebouwen zijn alle gebouwen met een woonfunctie (niet verspreid liggende bebouwing) en locaties bestemd voor grote evenementen of voor recreatief nachtverblijf voor meer dan 50 personen. Gebouwen en locaties zijn ook kwetsbaar als er veel personen een groot deel van de dag aanwezig zijn.

De overige gebouwen en locaties zijn beperkt kwetsbaar. Voorbeelden zijn verspreid liggende woningen in het buitengebied en locaties voor recreatief nachtverblijf waar niet meer dan 50 personen kunnen verblijven.

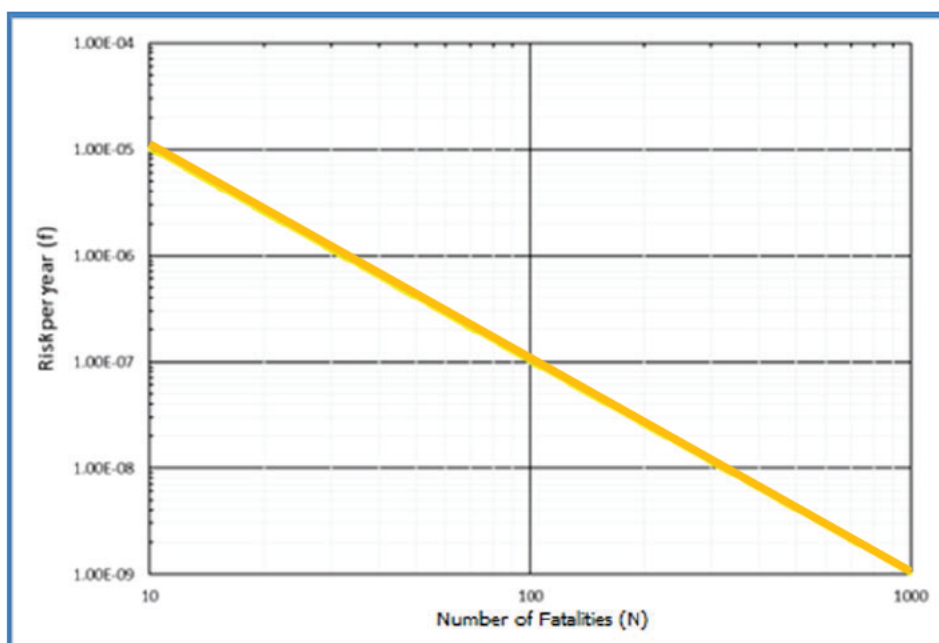
Voor het PR noemt het Bkl [2, §5.7 - §5.11] de 1E-06 per jaar PR-contour als bovengrens voor kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties. Het is niet toegestaan dat deze objecten binnen de 1E-06 per jaar PR-contour van een potentieel gevaarlijke activiteit vallen.

1.2.2.2 Groepsrisico (GR)

Volgens Bkl [2, §5.15] moet binnen de aandachtsgebieden rekening worden gehouden met de kans op overlijden van een groep van tien of meer personen per jaar als direct gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door een activiteit. De wijze waarop met het groepsrisico en de aanvaardbaarheid daarvan rekening wordt gehouden, moet in het omgevingsplan worden gewaarborgd. Afwegingen dienen rekening te houden met personen die binnen en buiten gebouwen aanwezig zijn (binnen de aandachtsgebieden). De Omgevingswet bevat geen verplichting om het groepsrisico te kwantificeren. De Omgevingswet heeft wel de opdracht om groepsrisico's in overweging te nemen en te verantwoorden. Het doel van deze verantwoording is het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting (Bkl, toelichting eerbiedwaardige, 17.3.5 Hoofdstuk 5: Omgevingsplannen). Maatregelen ter voorkoming en beperking van escalatie, die niet verdisconteerd kunnen worden in een QRA, kunnen ook onderdeel zijn van de overwegingen.

Gemeenten en provincies kunnen ervoor kiezen om het groepsrisico te kwantificeren om zo de hoogte van het groepsrisico te vergelijken met een zogenaamde oriëntatiewaarde. Dit ter ondersteuning overweging of het groepsrisico wel of niet geaccepteerd kan worden. Dit valt onder lokale beleidsvrijheid. In deze benadering wordt het bepaalde groepsrisico weergegeven als een zogenaamde f-N-curve, waarbij de kans (f) uitgezet wordt tegen het mogelijke aantal doden (N); afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in de omgeving van de activiteit.

De oriëntatiewaarde zoals genoemd in de *Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico* [6] voor het Groepsrisico (oranje) is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4: Ligging Oriënterende Waarden voor het Groepsrisico

1.2.2.3 Aandachtsgebieden

Het Bkl [2, §5.12] vereist de bepaling van de aandachtsgebieden die bij een gevaarlijke activiteit horen. Een aandachtsgebied is het totale gebied waarin een bepaald gevaar kan optreden als gevolg van een gevaarlijke activiteit en waar het een vastgestelde drempelwaarde kan overschrijden. De volgende aandachtsgebieden worden onderzocht:

- **Brandaandachtsgebied**
 - Dit is het totale gebied waarin warmtestralingsniveaus van meer dan 10 kW/m² kunnen voorkomen als gevolg van de bestudeerde gevaarlijke activiteit.
- **Explosieaandachtsgebied**
 - Dit is het totale gebied waarin overdrukken van meer dan 10 kPa (0,1 bar) mogelijk zijn en/of warmtestralingsniveaus van meer dan 35 kW/m² als gevolg van een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE).
- **Gifwolkaandachtsgebied**
 - Dit is het totale gebied waarin een toxische dispersie een dodelijke concentratie zou kunnen overschrijden voor bevolkingsgroepen binnenshuis op een afstand van maximaal 1,5 km van de activiteit. Dit wordt uitgedrukt in de 2,54 x LBW-waarde (2,54 maal de levensbedreigende waarde). Merk op dat deze waarde stofafhankelijk is.
 - De rekenmethode voor het berekenen van de toxische aandachtsgebieden verandert op 1 januari 2026 van een concentratiebenadering (2,54 x LBW) naar een dosisbenadering waar naar de dosis binnenshuis gekeken wordt (LBW indoor Dose)¹.

Als een beperkt, normaal of zeer kwetsbaar gebouw of een (beperkt) kwetsbare locatie binnen een aandachtsgebied valt, moet het omgevingsplan rekening houden met de kans op overlijden van een groep van 10 of meer personen. Er moeten aanvullende maatregelen worden genomen om de personen in genoemde objecten te beschermen [2, §5.15].

¹ Op 17 juli 2023 heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) in een Kamerbrief [9] aangekondigd dat de rekenmethodiek voor aandachtsgebieden voor toxische wolken gewijzigd wordt. De rekenmethodiek voor het gifwolkaandachtsgebied gaat uit van een benadering gebaseerd op concentratie (2,54 x LBW). De nieuwe rekenmethode gaat daarentegen uit van een dosisbenadering voor mensen binnenshuis (LBW indoor dose). De reden hiervoor is dat niet alleen de concentratie van toxische stoffen van belang is voor de begrenzing van het aandachtsgebied, maar ook de duur van de blootstelling. De nieuwe rekenmethode geeft een beter onderbouwde schatting van het gebied waar mensen binnenshuis mogelijk onvoldoende beschermd zijn. Per 1 januari 2024 geldt de Omgevingswet. Daarmee zijn ook de regels over aandachtsgebieden gaan gelden. Volgens de planning treedt per 1 januari 2026 de aangepaste berekeningswijze voor gifwolkaandachtsgebieden in werking.

1.3 Gebruikte Informatiebronnen

In de risicoberekening wordt uitgegaan van een representatieve bedrijfssituatie in overeenstemming met de vergunning. Dit leidt tot een modellering die conservatief is ten opzichte van de normale bedrijfsvoering.

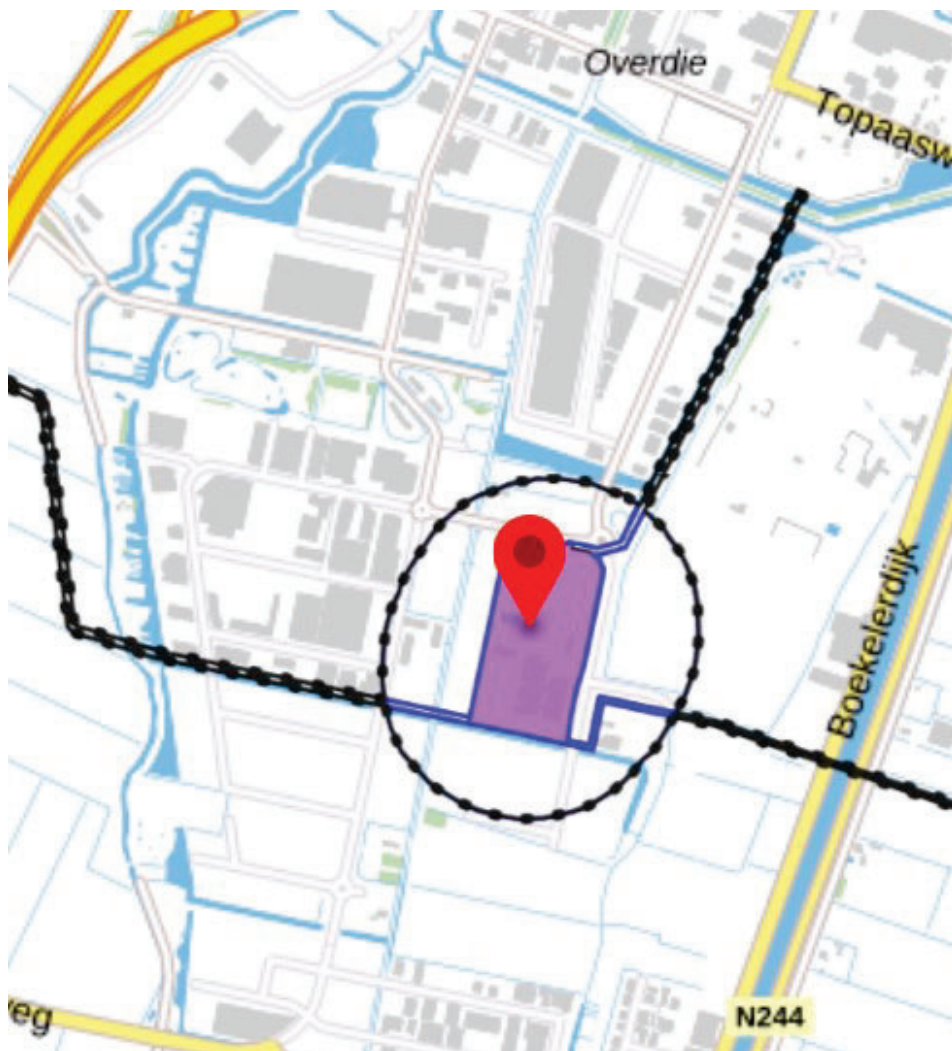
Voor de berekeningen is gebruikgemaakt van de volgende informatiebronnen:

- QRA 2016 [10] inclusief Safeti-NL file
- QRA 2023 [11] inclusief Safeti-NL file
- Procesbeschrijving;
- Plattegrond;
- P&IDs;
- Soluforce-general-brochure;
- Vergunning aanvraag dry gas cooling loop BKM.

2 BESCHRIJVING INRICHTING

2.1 Locatie

De Gasbehandelings- en compressie-installatie Boekelermeer (BKM) is gelegen aan de Fluorietweg 2 op het Alkmaarse bedrijventerrein Boekelermeer Zuid 2, ten oosten van de Boekelermeerweg. De inrichting en de vergunde activiteiten zijn ruimtelijk mogelijk gemaakt middels een Rijksinpassingsplan (RIP) [12]. Met dit RIP is een veiligheidscontour (ook wel veiligheidszone) rondom de BKM vastgesteld (in zwart in onderstaande Figuur 5).



Figuur 5: Omgeving TAQA BKM

2.2 Procesbeschrijving

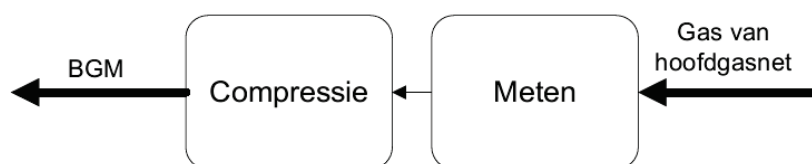
Voor de algemene beschrijving van de gasbehandeling- en compressie-installatie wordt verwezen naar de vergunningaanvraag. In de beschrijving van de modellering in Appendix A is per procesonderdeel of leiding van het hoofdproces een korte beschrijving gegeven.

Voor de modellering van de externe risico's van de gasbehandeling- en compressie-installaties is onderscheid gemaakt tussen drie operationele fasen; gasinjectie, free flow gasproductie en gasproductie met compressie. In deze QRA wordt er voor de risicoberekeningen van uitgegaan dat er gedurende een jaar de installatie 5072 uur (57.9% van het jaar) gasinjectie mode opereert en 3688 uren gasproductie (42.1% van het jaar), waarvan 1472 uur (16.8% van het jaar) in free flow mode en 2216 uur (25.3 % van het jaar) in productie met compressie mode [10].

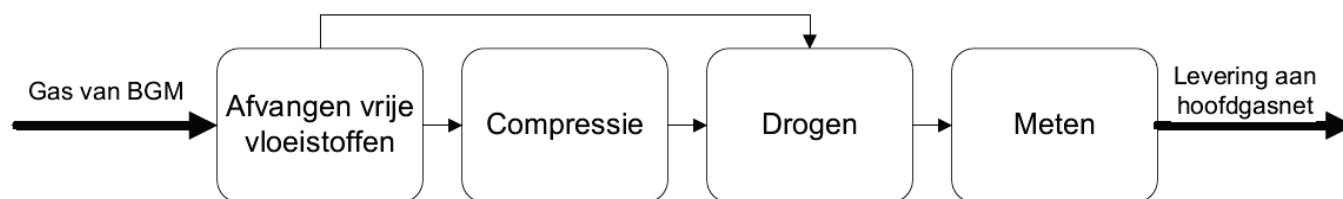
Gedurende de gasinjectie fase en de productiefase zal de druk in het reservoir veranderen en daarmee ook de druk in de behandeling- en compressie-installatie. Voor de QRA zijn de volgende cases meegenomen:

- Injectie: het gas wordt aangeleverd met een druk tot 66 barg, terwijl het in het reservoir wordt geïnjecteerd met een druk tot 150 barg.
- Productie: het gas uit het gasreservoir komt de BKM installaties in bij een druk tot circa 86 barg. Bij lagere drukken worden de compressoren ingeschakeld. Dit wordt gedaan bij een aanleverdruk van circa 80 barg. De exportdruk naar Gasunie Transport Services (GTS) is circa 66 barg. In de modellering van de productiecase is daarom onderscheid gemaakt tussen free flow productie en productie met compressie.

In Figuur 6 en Figuur 7 is het proces van de gasinjectie- en gasproductiefase, vereenvoudigd, schematisch weergegeven.

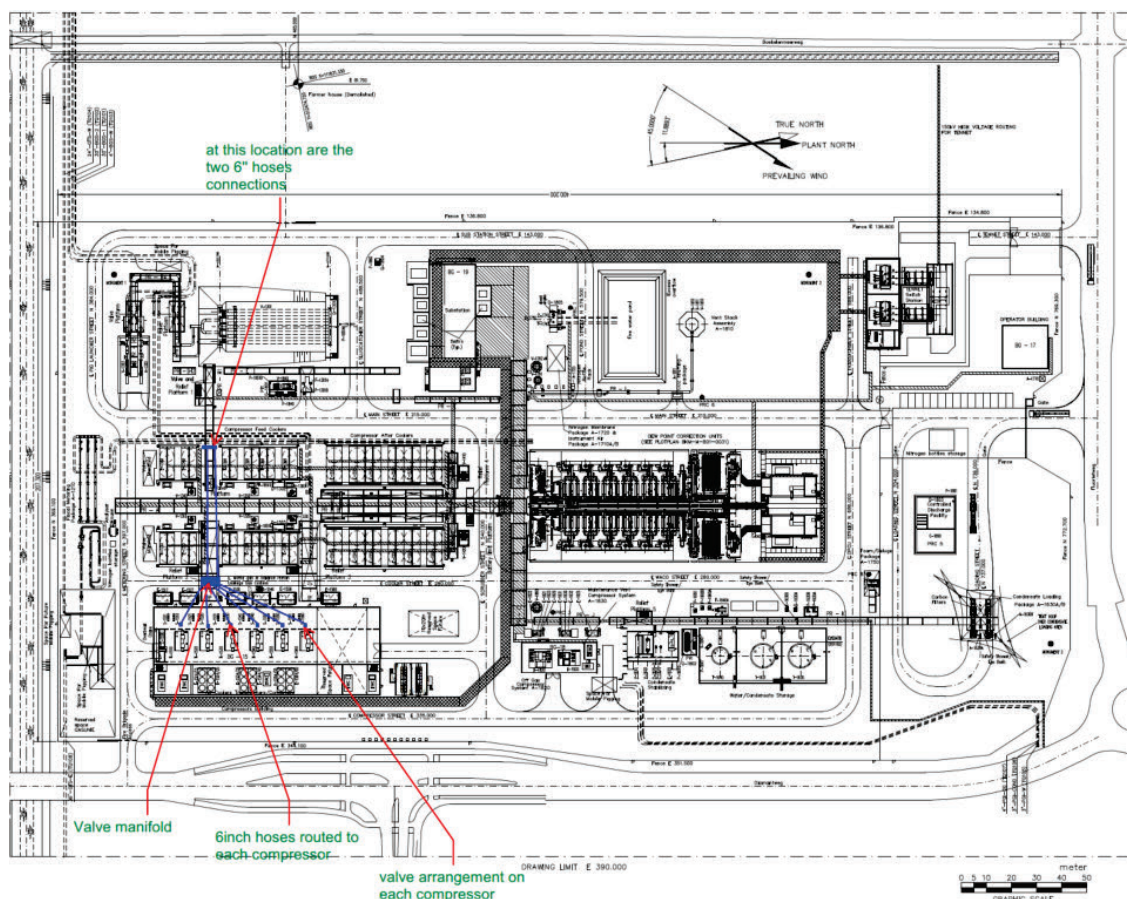


Figuur 6: Schematische weergave van gasinjectie op BKM [10]



Figuur 7: Schematische weergave van gasproductie op BKM [10]

De layout van de inrichting is weergegeven in onderstaande plattegrond.



Figuur 8: Plattegrond locatie BKM (inclusief locatie "dry gas cooling loop")

2.3 Materialen, Samenstellingen en Voorbeeldstoffen

De risico's die op de inrichting aanwezig zijn, worden bepaald door de aard van de binnen de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen. In dit geval is dit aardgas, gestabiliseerd en ongestabiliseerd aardgascondensaat.

Aardgas bestaat grotendeels uit methaan (CH_4) met kleine hoeveelheden zwaardere koolwaterstoffen, stikstof en water. Het aardgascondensaat is een verzameling van zwaardere koolwaterstoffen met daarin opgeloste lichtere componenten.

Het ROV [8] schrijft voor dat methaan gebruikt wordt als voorbeeldstof voor de modellering van risico's met aardgas, n-butaan en dat n-hexaan gebruikt worden als voorbeeldstof voor de modellering van risico's met respectievelijk ongestabiliseerd en gestabiliseerd aardgascondensaat.

Het corrosie remmer injectiesysteem wordt in deze QRA niet beschouwd omdat chemicaliëinjectie systemen volgens ROV een verwaarloosbare bijdrage aan het risico voor de externe veiligheid van mijnbouwinstallaties leveren.

3 UITGANGSPUNTEN QRA

3.1 Algemeen

In de risicoberekening worden de effecten bepaald die kunnen leiden tot dodelijke slachtoffers buiten de inrichting ten gevolge van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, in combinatie met de kans op dergelijke ongewenste effecten.

Modellering bestaat dus uit de volgende opeenvolgende stappen:

- Effectmodellering modelleert achtereenvolgens het vrijkomen, de verspreiding van brandbare en/of giftige stoffen en het optreden van potentieel dodelijke effecten zoals explosieoverdruk, warmtestraling en toxische effecten.
- Bij het modelleren van de aandachtsgebieden die nodig zijn voor de Bkl [2, §5.12] moeten alle afzonderlijke gemodelleerde gevolgen over elkaar worden gelegd om het totale gebied te vinden.
- Bij risicomodellering worden het PR en GR berekend op basis van de verschillende dodelijke effecten en blootstellingstijden, ontstekingsbronnen, initiële faalkansen en waarschijnlijkheidsverdeling van de gebeurtenissenboom.

Voor het bepalen van de effecten en risico's is gebruikgemaakt van het softwarepakket Safeti-NL [1], dat door de Nederlandse overheid is aangewezen als verplicht pakket voor het uitvoeren van QRA's in het kader van het omgevingsveiligheid [2].

De voorgeschreven kwantitatieve risicoanalyse voor externe veiligheid begint met het identificeren van initiële *Loss of Containment* (LOC) scenario's waarbij gevaarlijke stoffen vrij kunnen komen. Deze scenario's beschrijven de vrijgekomen stof, de uitstroomcondities en de waarschijnlijkheid. De initiële gebeurtenissen worden verderop in dit hoofdstuk en in hoofdstuk 4 beschreven.

Voor de uiteindelijke brandbare effecten kennen deze initiële scenario's daarnaast een aantal vervolgsenario's zoals plasvorming, verdamping uit de plas, het optreden van explosies en wolkbranden (flash fire). De vervolgsenario's zijn onder meer afhankelijk van het optreden van directe en vertraagde ontsteking. De vervolggebeurtenissen zijn in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt.

Verder wordt opgemerkt dat de risico's ten gevolge van LOC-scenario's buiten de inrichting, zoals breuk van de exportleiding, niet zijn gekwantificeerd in deze risicoanalyse.

Gedetailleerde aannames met betrekking tot de proceslocaties en de modellering daarvan worden gepresenteerd in Appendix A.

3.2 Selectie van Installaties voor de QRA

Voor QRA's voor mijnbouwinrichtingen wordt geen subselectie toegepast, omdat de systeeminhoud ten opzichte van de doorzet door de installatie gering is waardoor de subselectie tot een incorrecte selectie van de voor het externe veiligheidsrisico bepalende installatieonderdelen zou kunnen leiden.

Conform het ROV behoeven insluitsystemen met de volgende typen stoffen niet te worden meegenomen:

- Ontvlambare vloeistoffen met een vlampunt boven 60°C, op voorwaarde dat de operationele temperatuur lager is dan het vlampunt.
- Mengsels van olie en water met meer dan 55 massa% water.

Ook de volgende insluitsystemen hoeven niet te worden meegenomen in een QRA, onder voorwaarde dat de installaties in de buitenlucht zijn opgesteld en dat het falen van deze systemen niet duidelijk zal leiden tot een domino-effect:

- Glycolopslag en regeneratiesysteem voor zover de procestemperatuur lager is dan het vlampunt en de operationele druk lager is dan 10 bar (overdruk);
- Brandstof distributiesystemen (fuel gas systems) met een operationele druk lager dan 10 bar (overdruk);
- Offgas-systemen met een operationele druk lager dan 10 bar (overdruk);
- Afdekgas (blanket gas) systemen met een operationele druk lager dan 10 bar (overdruk);
- Afgas- en fakkelsystemen met een operationele druk lager dan 10 bar (overdruk);
- Systemen voor het schoonmaken van leidingen (ragerinstallaties).
- Open en gesloten drainagesystemen;
- Systemen voor chemicaliën- en methanolinjectie.

3.3 Beschrijving van de Installatiedelen

Bij de QRA van BKM is het hele systeem opgedeeld in de volgende installatiedelen (zie Appendix A voor nadere toelichting):

- Slokkenvanger V-1301
- Feed coolers
- Suction KO Drums
- Compressoren
- Balance Piston air coolers
- Aftercoolers van de compressortreinen
- Adsorbers (DPCU)
- Gas/gas heat exchangers van de DPCU treinen
- Regeneratie aftercoolers
- Regeneratie KO vessels DPCU treinen
- Filter seperatoren DPCU treinen
- Aardgascondensaat opslagtanks
- Aardgascondensaat verlading
- Leidingen:
 - Leidingen van GTS naar de metering
 - Metering
 - Bergermeer – Pig Launcher
 - Pig launcher
 - 24 inch bovengrondse leiding
 - 28 inch leidingdeel
 - Slugcatcher (slokkenvanger)
 - Compression inlet shop
 - Compressor sections
 - Compressor outletshop
 - DPCU treinen
 - Dry gas cooling loop

4 LOC SCENARIO'S

4.1 Uitstroming

4.1.1 Algemeen

Van de vele mogelijke LOC-scenario's op een aardgaswinningslocatie is slechts een beperkt aantal scenario's bepalend voor het risico. Een scenario is bepalend als het een significante bijdrage levert aan de 1E-06 per jaar PR-contour. Ook is een scenario bepalend als het significant bijdraagt aan de hoogte van het groepsrisico.

4.1.2 Interne domino-effecten

Interne domino-effecten, scenario's waarbij het falen geïnitieerd wordt door een brand in een naburig systeem scenario, zijn niet expliciet meegenomen. Dit omdat een screening op basis van de uitgangspunten zoals vermeld in ROV § 10.2.4.3 geen aanleiding gaf aan te nemen dat interne domino-kansen een significante bijdrage leveren aan de uitstroombrequentie voor leiding/uitrusting blootgesteld aan brand/explosie uit een naburig systeem.

4.1.3 Externe beschadigingen

Voor externe beschadiging door activiteiten van buiten de inrichting worden in worden, conform ROV § 10.2.4.2, alleen vliegtuigen en windturbines beschouwd.

4.1.3.1 Vliegtuigen

Daar er binnen een binnen een straal van 25 km [15] in de omgeving van de locatie geen vliegvelden zijn is de kans op een *Loss of Containment* ten gevolge van een neerstortend vliegtuig niet significant in vergelijking met de standaard faalkansen zoals opgenomen in de ROV [8].

4.1.3.2 Windturbines

Op de bedrijventerreinen Boekelermeer Noord en Boekelermeer Zuid bevinden zich enkele windturbines, waarvan de dichtstbijzijnde op circa 250 meter van de BKM is gelegen. Berekeningen tonen aan, dat bij een overtoeren situatie, de maximale werpafstand van een afbrekend blad in theorie de installaties van de BKM kan bereiken. In theorie kunnen installaties op het terrein dan zodanig getroffen worden dat deze falen. Wanneer de kans dat een installatie getroffen wordt door rondvliegende onderdelen van de windturbine, zodanig dat deze faalt, 10% of groter is dan de faalkans als gehanteerd in de QRA voor deze inrichting, dient de verhoging te worden meegenomen in de QRA.

In opdracht van HVC is door Royal HaskoningDHV BV in 2012 gekeken naar de risico's van de dichtst bijgelegen windturbine en de impact op de risico's van de BKM installaties. De resultaten van deze analyse zijn opgenomen in Bijlage 5 bij het bestemmingsplan Boekelermeer Zuid [14]. In deze analyse is geconcludeerd dat de kans dat een van de leidingen of equipment getroffen wordt dermate klein is, dat deze niet hoeft te worden meegenomen in de QRA. De berekende bijdrage als gevolg van bezwijken van een turbine blad is kleiner dan 0,1%.

De toetsing heeft plaatsgevonden op basis van de faalfrequenties uit de interim rekenmethodiek voor mijnbouwinstallaties. Voor aardgastransportleidingen is eerder een faalfrequentie van 7E-09 per meter per jaar gehanteerd, conform ROV [8] wordt uitgegaan van een faalfrequentie van 5,6E-09 per meter per jaar voor hogedruk gasleidingen.

Deze faalfrequentie voor aardgastransportleidingen is iets lager en dus de procentuele bijdrage van de windturbine daarmee iets hoger (maar ruim lager dan totaal 10%).

De kans op bezwijken van één van de installaties of leidingdelen op de BKM als gevolg van een incident met de windturbine is dermate klein dat deze conform de ROV niet relevant zijn en zijn daarom niet meegenomen in deze QRA.

4.1.4 Uitstroombesonderheden

Conform het ROV [8] dienen er voor ieder installatiedeel maximaal drie verschillende uitstroombesonderheden beschouwd te worden. Deze worden in de volgende secties beschreven.

4.1.4.1 *Catastrofaal falen*

Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud

Voor een vat/tank/warmtewisselaar komt instantaan falen neer op het instantaan wegnemen van de omhulling van het vat of de tank/warmtewisselaar, hetgeen leidt tot het instantaan en impulsvrij vrijkomen van de inhoud, gevolgd door de gesommeerde toevoer vanuit de stroomopwaartse en stroomafwaartse systemen.

Continue uitstroming

Voor een vat/tank/warmtewisselaar betekent catastrofaal falen het in 10 minuten leegstromen bij gelijke druk, in een continue stroom.

Leidingbreuk

Voor leidingen wordt dit scenario (leidingbreuk) beschreven als guillotinebreuk met toevoer vanuit beide zijden van de breuk.

Het catastrofaal falen van pompen en compressoren wordt gemodelleerd als een leidingbreuk van de toevoerleiding van de pomp/compressor.

Voor onderdelen zonder noemenswaardige hold-up, zoals leidingen, compressoren, pompen, wordt dit scenario (leidingbreuk) beschreven als guillotinebreuk met toevoeging vanuit beide zijden van de breuk. Beide uitstromingen worden in dat geval als twee onafhankelijke uitstroombesonderdels gemodelleerd.

4.1.4.2 *Lekkage*

Een klein lek wordt meestal gemodelleerd als een lek van 10 mm (tanks/vaten/warmtewisselaars) of een gat in een leiding ter grootte van 10% van de uitstroomdiameter met een maximum van 50 mm indien een leiding bovengronds is of een gat in de leiding ter grootte van 20 mm indien de leiding ondergronds is.

Deze standaard scenario's zijn aangehouden voor alle systemen waarvoor ROV geen alternatieve scenario's voorgeschreven heeft.

4.1.5 *Tijdsafhankelijkheid*

Voor mijnbouwinstallaties is nalevering van brandbare stoffen uit pijpleidingen en andere procesonderdelen van belang voor het bepalen van de effecten en daarmee de risico's voor de externe veiligheid.

De inhoud van de procesonderdelen is over het algemeen te gering om een bijdrage te leveren aan het externe risico. De nalevering uit overige procesonderdelen is daarentegen vaak vele malen groter dan de inhoud van een installatie. Dit vanwege de (relatief) geringe inhoud van het procesonderdeel en de (relatief) grote doorzetten.

4.1.5.1 *Rekenwijze grote uitstromingen volgens ROV § 10.8 en § 10.9*

De default rekenwijze beschreven in het ROV § 10.8 en § 10.9 is van toepassing als het installatie-onderdeel voldoet aan de volgende voorwaarden:

- het insluitsysteem bevat ontvlambare gassen of een (ongestabiliseerd) mengsel van ontvlambare gassen en vloeistoffen;
- de operationele druk in het insluitsysteem is 16 barg of hoger;
- het aandeel toxische componenten, in het bijzonder H₂S, is 4,3 vol% of kleiner; en
- de druk in de toevoer- en/of afvoerleidingen mag niet beduidend lager zijn dan die van het falend installatie onderdeel.

De inrichting en de omgeving worden beschouwd als één systeem dat gemodelleerd wordt met het Long Pipeline model. Voor bovengrondse installatie-onderdelen wordt de nalevering vanuit stroomopwaartse- en van stroomafwaartse richting afzonderlijk beschouwd. Dit resulteert in twee verschillende Long Pipeline scenario's. Voor ondergrondse installaties worden de twee bijdragen gecombineerd in één Long Pipeline scenario.

In een Long Pipeline scenario wordt onderscheid gemaakt naar directe ontsteking en vertraagde ontsteking. De effecten van de directe ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 0 en 20s. De effecten van de vertraagde ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 20-140s. Beide gebeurtenissen leiden tot een fakkelbrand.

De karakteristieken van de Long Pipeline hangen af van de eigenschappen van de toevoer- en afvoerleidingen alsmede eventuele restricties zoals regelkleppen en leidingsecties met een kleinere diameter dan de toe/afvoerleiding. Afgezien van de aanwezigheid van eventuele inbloksystemen, is de verdere layout van de inrichting een 'black box'.

Bij een lage operationele druk is te verwachten dat de effecten bij directe ontsteking leiden tot een fakkelbrand. Het op vertraagde ontsteking gebaseerde gemiddelde uitstroomdebiet kan zodanig laag zijn dat een ander effect dan een fakkelbrand verwacht kan worden. Om deze reden leiden in deze QRA vertraagde ontstekingseffecten niet per definitie tot een fakkelbrand.

4.1.5.2 Locatie Specifiek

De "standaard rekenwijze" voor mijnbouwinrichtingen en gastransportinrichtingen (zie paragraaf 4.1.5.1) schrijft voor dat gebruik gemaakt kan worden van een "vereenvoudigde invoermethode". Bij deze invoermethode wordt de inrichting en omgeving beschouwd als één systeem (oftewel 'black boxes') dat gemodelleerd wordt met het Long Pipeline model.

Hierbij wordt een "black box" gedefinieerd met een toevoerleiding en afvoerleiding waarbij beide leidingen wordt beschreven met een druk, temperatuur, leidinglengte en leidingdiameter.

Indien de druk van toevoer- of afvoerleiding beduidend lager is dan de druk van het falende installatie onderdeel, dan kan het gebruik van de "vereenvoudigde invoermethode" leiden tot een systematische onderschatting van de risico's. Dit betekent dat een black box zodanig gedefinieerd dient te worden, dat de druk van toevoer- en afvoerleiding niet beduidend lager is dan de druk van het falende installatieonderdeel. Dit kan betekenen dat in sommige gevallen de inrichting verdeeld kan worden in meerdere black boxes, waarbij elke black box gedefinieerd wordt met een toevoer- en afvoerleiding en installatie-onderdelen met een bepaalde druk, temperatuur, leidinglengte en leidingdiameter.

De installatie-onderdelen van de aardgasstroom van het gasbehandelingssysteem, zijn gemodelleerd door middel van een "black box" volgens de beschreven methodiek in ROV § 10.9.4.

Bij grote gasuitstromingen zal de druk in het systeem snel afnemen. Hierdoor zal ook de uitstroming, afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid gas, snel afnemen. Voor de LOC-scenario's catastrofaal falen wordt verondersteld dat er een uitstroming plaatsvindt ter grootte van de maximale nalevering vanuit de rest van het systeem. Hierbij is rekening gehouden met de nominale capaciteit van de installatie.

Bij het bepalen van de uitstroming uit een groot lek in een niet-'debietgeregeld' systeem wordt uitgegaan van de maximale voeding vanuit alle aangesloten installaties. Dit debiet wordt met behulp van Safeti-NL berekend. Daarbij wordt bij grote gashoudende systemen rekening gehouden met de drukval door het leeglopen van het systeem en door wrijvingsverliezen. Voor transportleidingen wordt daarbij gebruik gemaakt van het 'Long Pipeline Model'. Dit model middelt het uitstromingsdebiet over de eerste 20 s in het geval van directe ontsteking en over 20-140 s in het geval van vertraagde ontsteking. Indien het quotiënt van de lengte van de leiding en de diameter van de leiding kleiner is dan 1000, dan mag het 'Long Pipeline Model' niet toegepast worden. In dit geval wordt de leiding gemodelleerd met het 'Line Rupture Model' en wordt de totale uitgestroomde hoeveelheid berekend op basis van de inhoud van het leegstromende vat en de nalevering gedurende de tijd tot insluiting (bij niet-debietgeregelde systemen is dit in de regel 30 minuten).

De toevoer vanuit een "debietgeregeld" systeem naar een andere sectie wordt bij $L/D < 1000$ (geen long pipeline) gelijk genomen aan 150% van de nominale doorzet, tenzij nauwkeurigere data beschikbaar is. Voorbeelden van een debietgeregeld systeem zijn compressoren. Ook flow regelaars worden hier beschouwd als debietgeregeld, voor zover een LOC niet resulteert in het opensturen van de afsluiter. Ook hier wordt het 'Line rupture' model gebruikt met een uitgestroomde hoeveelheid gelijk aan de inhoud van het falende vat en de nalevering tot insluiting.

4.1.5.3 Rekenwijze grote aardgascondensaatuitstromingen

Bij grote aardgascondensaatuitstromingen zal de druk in het systeem snel afnemen. Hierdoor zal ook de uitstroming, afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid aardgascondensaat, snel afnemen. Voor de LOC-scenario's catastrofaal falen wordt verondersteld dat er een uitstroming plaatsvindt ter grootte van de maximale nalevering vanuit de rest van het systeem. Hierbij is rekening gehouden met de nominale capaciteit van de installatie.

Bij het bepalen van de uitstroming uit een groot lek in een niet-'debietgeregeld' systeem wordt uitgegaan van de maximale voeding vanuit alle aangesloten installaties. Dit debiet wordt met behulp van Safeti-NL

berekend. Daarbij wordt bij grote gashoudende systemen rekening gehouden met de drukval door het leeglopen van het systeem en door wrijvingsverliezen. Voor transportleidingen wordt daarbij gebruik gemaakt van het 'Line Rupture Model' en wordt de totale uitgestroomde hoeveelheid berekend op basis van de inhoud van het leegstromende vat en de nalevering gedurende de tijd tot insluiting (bij niet-debietgeregelde systemen is dit in de regel 30 minuten).

De toevoer vanuit een 'debietgeregeld' systeem naar een andere sectie wordt gelijk genomen aan 150% van de nominale doorzet, tenzij nauwkeurigere data beschikbaar is. Voorbeelden van een debietgeregeld systeem zijn pompen. Ook flow regelaars worden hier beschouwd als debietgeregeld, voor zover een LOC niet resulteert in het opensturen van de afsluiter. Ook hier wordt het 'Line rupture' model gebruikt met een uitgestroomde hoeveelheid gelijk aan de inhoud van het falende vat en de nalevering tot insluiting.

4.1.5.4 Kleine uitstromingen

Voor kleine gasuitstromingen is aangenomen dat de druk in het systeem gehandhaafd blijft en dat het uitstroomdebiet constant is. Kleine uitstromingen zijn voorzien voor lekkages uit gaten tot een grootte van 50 mm. De karakteristieken van het lekmodel hangen af van de eigenschappen van de gemodelleerde equipment.

4.1.6 Uitstromingsrichting en -Duur

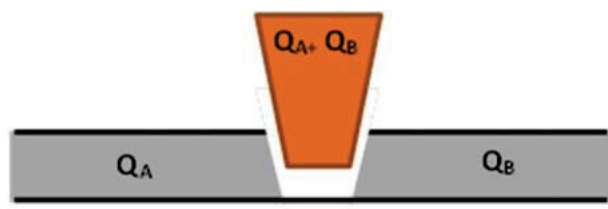
In de risicoberekeningen is aangenomen dat de uitstroming vanuit bovengrondse installaties altijd horizontaal gericht is. Safeti-NL modelleert de uitstroomrichting in geval van dispersie met de wind mee, waarbij de kansverdeling voor de uitstroomrichting gelijk is aan de gekozen windverdeling. De risico's van horizontaal uitstromende toortsbranden worden in Safeti-NL uniform over alle richtingen verdeeld.

Bij het instantaan falen van een aardgashoudend vat/tank/warmtewisselaar of breuk van een bovengrondse gasleiding ontstaan twee jets. De ene jet wordt gevoed vanuit het stroomopwaartse deel van de inrichting en de andere vanuit het stroomafwaartse deel (zie Figuur 9). Verder wordt aangenomen dat de twee jets geen interactie hebben. Beide jets zijn als afzonderlijk (onafhankelijk) scenario gemodelleerd waarbij voor iedere jet de uitstroomfrequentie gelijk is aan de breuk-/catastrofaal faalfrequentie van de betreffende bovengrondse gasleiding respectievelijk betreffende vat/tank/warmtewisselaar.



Figuur 9: Aantal jets en bijdragen vanuit stroomopwaartse en stroomafwaartse leidingdelen voor breuk van een bovengrondse leiding

Bij een breuk van een ondergrondse leiding (met ten minste 40 cm gronddekking is (gemeten vanaf de bovenkant van de pijp)) ontstaat een krater waarbij de jets vanuit de stroomopwaartse- en stroomafwaartse leidingdelen elkaar zullen beïnvloeden. Deze twee toevoeren naar de breuk vanaf beide zijden zijn bij elkaar opgeteld en gemodelleerd als één verticale release (zie Figuur 10).



Figuur 10: Aantal jets en bijdragen vanuit stroomopwaartse en stroomafwaartse leidingdelen voor breuk van een ondergrondse leiding

4.1.7 **Maatwerk**

Voor mijnbouwinstallaties worden de effecten van een LOC voornamelijk bepaald door nalevering uit de overige leidingen en equipment van het falende onderdeel. Voor de modellering van leidingbreuken of het catastrofaal falen van equipment kan de vereenvoudigde methodiek uit de ROV worden toegepast.

Bij de modellering van snelsluitende (<5 seconden) kleppen kan, conform ROV § 10.8.3.1, maatwerk worden toegepast. Voor leidingbreuken of catastrofaal falen van equipment mag maatwerk worden toegepast om een meer realistische uitstroming te modelleren. Dit kan worden toegepast bij bijvoorbeeld restriction orifices, regelkleppen of wanneer de druk van de aan- en afvoerende leidingen beduidend afwijkt van de druk in het falende procesonderdeel. In deze QRA is maatwerk toegepast (voor de equipment of leidingwerk) waar de snelsluitende kleppen de sectie, waar het LOC plaats vindt, aan één of beide zijden kan inblokken. Op basis van de P&ID's is gekeken waar in de leidingen restricties aanwezig zijn die de uitstroming bij het wegvallen van de druk kunnen beperken (en dus het vereenvoudigde model te conservatief is). De BKM installaties zijn relatief open en worden alleen voor de DPCU treinen drukgeregeld.

Deze regelkleppen werken tevens als een restrictie. Door de wijze waarop de Emergency Shut Down (ESD) kleppen ingrijpen en de hoge mate van betrouwbaarheid laten de toepassingen van meer specifieke uitstroomberekeningen geen verandering zien in het berekende externe risico. Een meer uitgebreide beschrijving per leiding of equipment is opgenomen in Appendix A.

4.2 **Initiële Faalkansen**

Voor leidingen zijn de volgende LOC-scenario's beschouwd:

- Ondergrondse leidingbreuk: twee scenario's (directe ontsteking en vertraagde ontsteking) met een verticale uitstroming met toevoer vanuit beide zijdes van de breuk;
- Bovengrondse leidingbreuk: vier scenario's met een horizontale uitstroming met toevoer vanuit één zijde van de breuk;
- Voor bovengrondse en ondergrondse procesleidingen wordt gerekend met een lek van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm.
- Voor ondergrondse transportleidingen wordt gerekend met een lek van 20 mm.

Bij het bepalen van de faalkansen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de bovengrondse en ondergrondse hogedruk gasleidingen zijn de faalfrequenties gebruikt van leidingen die qua ontwerp en beheer van de leiding zijn (minimaal) gelijkwaardig aan NEN 3650.
- Relatief lange leidingen zijn in Safeti-NL als een route gemodelleerd. Voor deze routes is vervolgens de faalkans per meter per jaar ingegeven.

Opgemerkt dient te worden dat de risico's ten gevolge van LOC-scenario's buiten de inrichting in deze risicoanalyse niet gekwantificeerd zijn.

Een overzicht van de scenario-invoergegevens alsmede de in Safeti-NL ingevoerde scenario's zijn (als MS Excel bestand) opgenomen in Appendix B.

5 EFFECTBEREKENING

5.1 Algemeen

De effectberekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van de standaard gebeurtenissenbomen waarmee Safeti-NL [1] rekent (zie ROV [7] voor details). Bij de effectberekeningen zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

Bij het vrijkomen van aardgas zijn de fakkelfbrand- en eventueel explosie-effecten bepalend voor de risico's in de omgeving.

Bij het vrijkomen van aardgascondensaat zijn de fakkelf- of plasbrandeffecten en eventueel BLEVE-effecten bepalend. De aardgascondensaatfakkelfbrand ontstaat, na ontsteking, ten gevolge van het vrijkomen van aardgascondensaat onder druk terwijl een aardgascondensaat plasbrand ontstaat na ontsteking van een plas van aardgascondensaat.

Er worden alleen effecten berekend die bij personen in de omgeving onmiddellijk (bij een blootstelling van maximaal 30 minuten) tot letale gezondheidsschade kunnen leiden.

5.2 Weer en Ruwheidslengte

De gegevens van het algemene weerstation van "Schiphol" zijn gebruikt voor de QRA berekening. Dit is het representatieve weerstation voor de inrichting Boekelermeer.

Voor het modelleren van de uitstroming, dispersie en toorts- en wolkbranden is uitgegaan van de in tabel 1 opgenomen parameters.

Tabel 1: Overzicht belangrijkste algemene parameters modellering [8]

Parameter	Waarde dag	Waarde nacht
Omgevingstemperatuur	12°C	8°C
Temperatuur bodem	9,8°C	9,8°C
Relatieve lucht vochtigheid	76,5%	86,3%
Terreinruwheid	0,3 m	0,3 m
Fractie van etmaal	0,44 (8:00 – 18:30)	0,56 (18:30 – 8:00)

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. Een aerodynamische ruwheidslengte van 0,3 meter is de default waarde voor Nederland en typerend voor een omgeving met lage gewassen en hier en daar grote obstakels.

5.3 Ontstekingskansen

5.3.1 Directe Ontsteking

Directe ontsteking resulteert, afhankelijk van de vrijgekomen stof, in een plas- of fakkelfbrand.

De kans op directe ontsteking hangt samen met de soort vrijkomende stof. Aardgas met methaan als voornaamste component wordt beschouwd als laag reactief gas. In tabel 2 wordt de kans op ontsteking weergegeven volgens het ROV [8].

Tabel 2: Kans directe ontsteking

Bronterm	Kans op directe ontsteking		
	Aardgas	Ongestabiliseerd aardgascondensaat	Gestabiliseerd aardgascondensaat (klasse 1)
< 10 kg/s	0,02	0,2	0,065

Bronterm	Kans op directe ontsteking		
	Aardgas	Ongestabiliseerd aardgascondensaat	Gestabiliseerd aardgascondensaat (klasse 1)
10 – 100 kg/s	0,04	0,5	0,065
> 100 kg/s	0,09	0,7	0,065
Domino scenario tankwagen	-	-	1

5.3.2 Vertraagde Ontsteking

Vertraagde ontsteking resulteert in een explosie en/of een wolkbranden (flash fire) eventueel gevolgd door een fakkel- of plasbrand.

Voor de ontsteking van afdrijvende brandbare gaswolken wordt rekening gehouden met aanwezige ontstekingsbronnen op de locatie en in de omgeving. Potentiële ontstekingsbronnen zijn bijvoorbeeld de aanwezige personen in de omgeving.

Omdat de gebruikte apparatuur explosie veilig is en er geen installatieonderdelen zijn met open vuur zoals een fakkel, aanwezig zijn, is er afgezien van het toevoegen van een ontstekingskans voor de gehele plant.

Verder is voor de PR berekening aangenomen dat vertraagde ontsteking alleen plaatsvindt wanneer de LFL contour buiten de terreingrens komt.

Indien de LFL contour buiten de terreingrens komt, wordt aangenomen dat vertraagde ontsteking plaatsvindt bij de maximale omvang van de gaswolk (vrije veld methode). Echter bij grote uitstromingen berekend conform hoofdstuk 10 van het ROV [8] (zie ook § 4.1.5.1), zal vertraagde ontsteking altijd leiden tot een late fakkelbrand.

Ontstekingsbronnen buiten de inrichting zijn de in de omgeving van de inrichting ingevoerde populatie, die automatisch door Safeti-NL wordt meegenomen als ontstekingsbron.

Volgens de ROV wordt aangenomen dat de ontstekingskans van omliggende lokale wegen is opgenomen in de ontstekingskans van de bevolking.

Naast bevolking zijn er geen overige ontstekingsbronnen in de modellering meegenomen.

6 BLOOTSTELLING EN SCHADE

6.1 Populatie & Risk Ranking Points

De hoogte van het groepsrisico wordt bepaald door de risicobron en het aantal aanwezige personen in de directe omgeving. Als uitgangspunt voor het aantal aanwezige personen in de directe omgeving is de personendichtheid gehanteerd als opgesteld voor het bestemmingsplan Boekelermeer Noord [13] en Boekelermeer Zuid [14]. De gebruikte personendichtheid is opgenomen in Appendix C van deze rapportage. De locaties van kwetsbare gebouwen en locaties in de omgeving van BKM zijn weergegeven in Appendix D.

Om de bijdrage van verschillende scenario's aan de ligging van de $1E-06$ per jaar PR-contour te bepalen, zijn vier Risk Ranking points (RRP) gedefinieerd respectievelijk ten noorden, oosten, zuiden en westen van de inrichting. Deze punten zijn aangegeven in onderstaande figuur.



Figuur 11: Locatie van Risk Ranking Points

6.2 Modellerings van de Schade

In een QRA wordt alleen naar dodelijke slachtoffers gekeken. Effecten met mogelijk dodelijke gevolgen zijn overdruk (ten gevolge van explosie), warmtestraling, volkbrand en blootstelling aan toxische stoffen. Bij de scenario's van de activiteiten op de locatie BKM speelt alleen de warmtestraling als gevolg van fakkelbranden, het geraakt worden door een volkbrand en blootstelling aan overdruk een rol voor de externe veiligheid.

6.2.1 Blootstelling van Personen aan Warmtestraling

De warmtestraling van een brand (BLEVE, toorts- en plasbrand) kan leiden tot dodelijke effecten.

Voor toorts- en plasbranden berekent Safeti-NL de letaliteit met een probitfunctie, die een relatie legt tussen blootstelling (intensiteit warmtestraling), blootstellingsduur en de kans om te overlijden. Zo resulteert 20 seconden blootstelling aan een warmtestraling van 35 kW/m^2 en $9,8 \text{ kW/m}^2$ in respectievelijk 100% letaliteit en 1% letaliteit.

De warmtestraling van 10 kW/m^2 vormt de onderste drempelwaarde voor het brandaandachtsgebied.

Voor het plaatsgebonden risico (PR) wordt ervan uitgegaan dat een persoon zich buiten bevindt, onbeschermd door kleding of op een andere wijze. Het groepsrisico (GR) houdt rekening met de beschermende werking van gebouwen en kleding.

6.2.2 Blootstelling van Personen aan een Wolkbrand

Bij een wolkenbrand wordt het effect bepaald door de grootte van de brandbare wolk. Voor de modellering van de schade worden twee situaties onderscheiden: binnen de brandbare wolk en buiten de wolk. LFL-contouren die tot buiten de locatie reiken worden verondersteld altijd te ontsteken en de ontsteking vindt plaats zodra de wolk zijn maximale grootte bereikt.

6.2.3 Blootstelling van Personen aan Overdruk

Om de overdrukeffecten van een gaswolkexplosie te bepalen, wordt binnen het ROV [8, Toelichting §1.6.4] aangenomen dat 12,5% van de ontvlambare wolk zich in een congestiegebied (explosieversterkend gebied) bevindt. De overdrukeffecten worden bepaald met curve 10 van het multi-energiemodel van TNO.

Het modelleren van de dodelijkheid als gevolg van een gaswolkexplosie wordt uitgevoerd in overeenstemming met het ROV:

- 0,3 barg: 100% dodelijkheid bij blootstelling binnen en buiten;
- 0,1 barg: 2,5% letaliteit bij blootstelling binnen gebouwen.

De overdruk van 0,1 barg (10 kPa) vormt een drempelwaarde voor het explosieaandachtsgebied.

De 35 kW/m² als gevolg van een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) is de andere drempelwaarde voor het explosieaandachtsgebied.

6.3 Effectafstanden Dominante Scenario's

In het kader van onder andere de rampenbestrijding is het van belang om de effectafstanden van de verschillende scenario's te kennen. De effectafstanden bij de verschillende weerklassen zijn voor alle scenario's bepaald. De maximale effectafstand tot de 1% letaliteitsgrens voor weerklassen F1.5 en D5 van risico dominante scenario's (zie § 7.1) zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: 1% Letaliteitsafstanden van PR dominerende scenario's voor BKM

Scenario	Effect	Effectafstand F1,5 [m]	Effectafstand D5 [m]
FF Productie\DPCU trein 1&2\Reg Gas gas heatexchangers\E14XX\Long Pipeline E1412 cat falen up ESD werkt delayed\Long Pipeline Breach E14XX cat falen up ESD werkt delayed	Brand	247	246
FF Productie\DPCU trein 1&2\Reg Gas gas heatexchangers\E14XX\Long Pipeline E1422 cat falen up ESD werkt delayed\Long Pipeline Breach E14XX cat falen up ESD werkt delayed	Brand	247	246
Injectie Mode\24 inch BGS transportline\FBR van downstream inblock\FBR van downstream inblock fixed duration release	Brand	303	307

De grootste 1% letaliteitsafstand wordt veroorzaakt door niet direct ingeblokte full bore rupture van 28 inch inlaat van de Compression Shop met een 1% letaliteitsafstand van 857 m.

7 QRA RESULTATEN

7.1 Aandachtsgebieden

Voor de activiteit van het behandelen en comprimeren van aardgas op de locatie BKM kunnen twee (brand en explosie) van de drie soorten gevaren (brand, explosie en gifwolk) optreden.

7.1.1 Brandaandachtsgebied

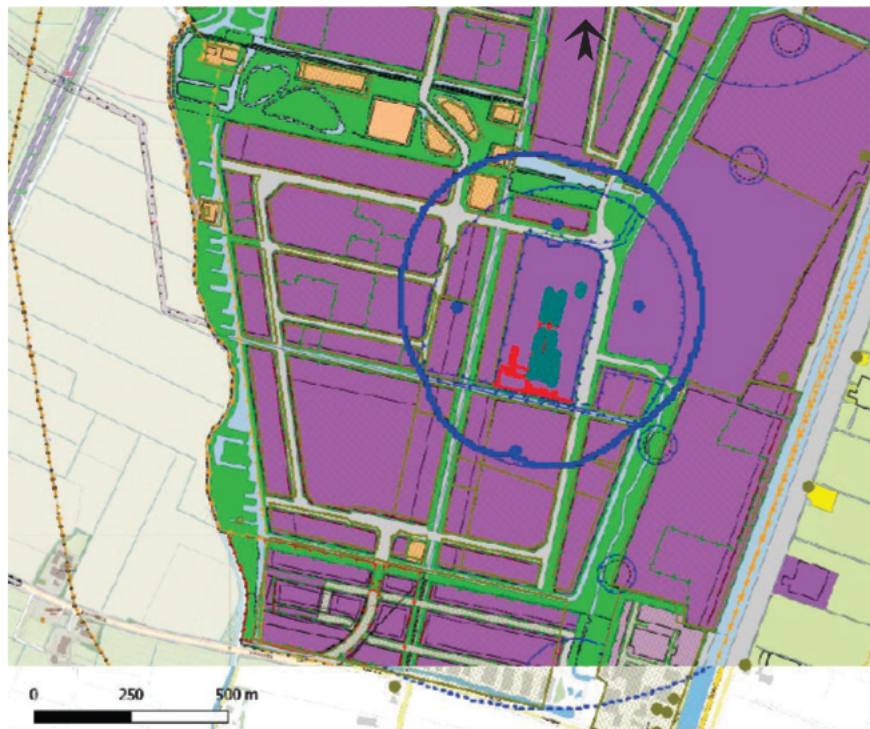
In Figuur 12 is het brandaandachtsgebied als gevolg van de activiteiten binnen BKM weergegeven. Het aandachtsgebied voor brand wordt bepaald door fakkelbranden. Binnen het aandachtsgebied bevinden zich kwetsbare en beperkt kwetsbare gebouwen (zie Appendix D voor de locaties van kwetsbare gebouwen en locaties). Omdat het maximale aantal dodelijke slachtoffers meer is dan 10, zoals te zien is in Tabel 8, zal er door het bevoegd gezag een omgevingsplan moeten worden opgesteld [2, §5.15].



Figuur 12: Brandaandachtsgebied t.g.v. BKM

7.1.2 Explosieaandachtsgebied

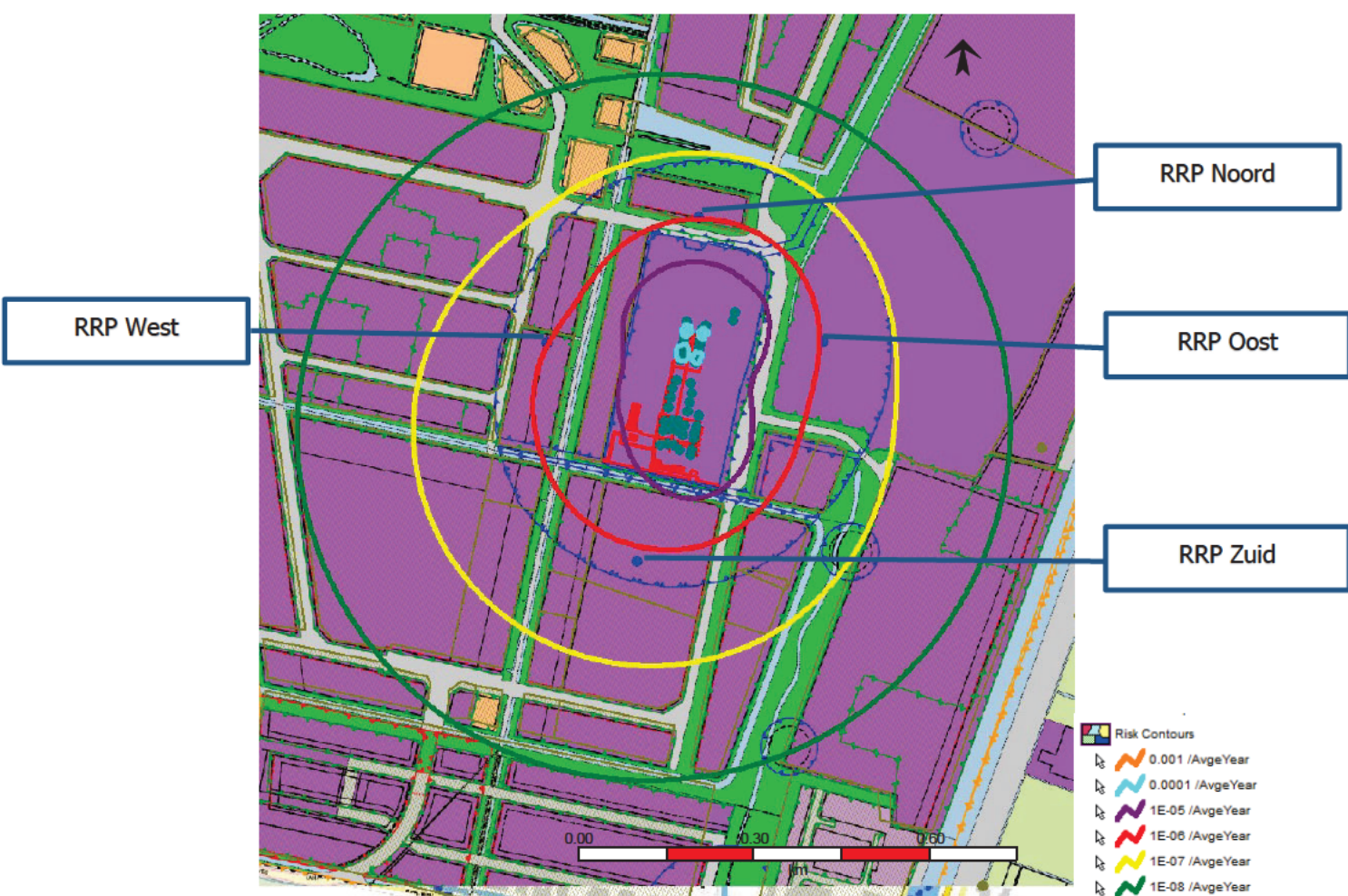
Zie Figuur 13 voor het explosieaandachtsgebied als gevolg van productieactiviteit binnen de locatie. Alle explosieoverdrukken binnen het explosieaandachtsgebied zijn het gevolg van gaswolkexplosies van methaan. Binnen het aandachtsgebied bevinden zich kwetsbare en beperkt kwetsbare gebouwen (zie Appendix D voor de locaties van kwetsbare gebouwen en locaties). Omdat het maximale aantal dodelijke slachtoffers meer is dan 10, zoals te zien is in Tabel 8, zal er door het bevoegd gezag een omgevingsplan moeten worden opgesteld [2, §5.15].



Figuur 13: Explosieaandachtsgebied t.g.v. BKM

7.2 Plaatsgebonden Risico

In onderstaande Figuur 14 zijn de plaatsgebonden risicocontouren (PR-contouren) weergegeven, voor de BKM.



Figuur 14: PR contouren t.g.v. TAQA Boekelermeer

Uit bovenstaande figuur met de PR contouren is af te leiden dat de 1E-06 per jaar PR-contour, de grenswaarde met betrekking tot het PR, in zijn geheel over de inrichtingsgrens ligt. De contour blijft binnen de veiligheidszone-bevi zoals opgesteld voor het RIP [12] en vigerend in de bestemmingsplannen Boekelermeer Noord [13] en Boekelermeer Zuid [14]. Deze veiligheidszone-bevi is in bovenstaande figuur als blauwe contour weergegeven. Binnen de veiligheidszone bevinden zich uitsluitend beperkt kwetsbare gebouwen (zie Appendix D voor de locaties van kwetsbare gebouwen en locaties).

Het plaatsgebonden risico is geanalyseerd voor een aantal belangrijke punten. In dit geval op/nabij de 1E-6 per jaar PR risicocontour in, noord, oost, zuid en westelijke richting.

Tabel 4: Bijdrage Scenario's aan 1E-06 per jaar PR Contour ten Noorden van de Inrichting

Scenario	Risico [/jaar]	Fractie
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van downstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van downstream	2.1E-8	2.2%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van upstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van upstream	2.1E-8	2.2%
prod co\productie\DPCU trein 1\Reg gas heater\Long Pipeline E1413 cat falen up direct FCV werkt\Long Pipeline Breach E1413 cat falen up direct FCV werkt	2.0E-8	2.2%
prod co\productie\DPCU trein 2\Reg gas heater\Long Pipeline E1423 cat falen up direct\Long Pipeline Breach E1423 cat falen up direct	1.9E-8	2.0%
prod co\productie\DPCU trein 1\Reg gas heater\Long Pipeline E1413 cat falen down direct FCV werkt\Long Pipeline Breach E1413 cat falen down direct FCV werkt	1.7E-8	1.8%
prod co\productie\DPCU trein 2\Reg gas heater\Long Pipeline E1423 cat falen down direct\Long Pipeline Breach E1423 cat falen down direct	1.5E-8	1.6%
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 1\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	1.5E-8	1.6%

Scenario	Risico [/jaar]	Fractie
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 2\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	1.5E-8	1.6%
FF productie\FF productie\DPCU trein 1\Reg gas heater\Long Pipeline E1413 cat falen up direct FCV werkt\Long Pipeline Breach E1413 cat falen up direct FCV werkt	1.4E-8	1.5%
Overig	7.8E-7	83.3%
Totaal	9.4E-7	100.0%

Tabel 5: Bijdrage Scenario's aan 1E-06 per jaar PR Contour ten Oosten van de Inrichting

Scenario	Risico [/jaar]	Fractie
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 1\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	3.0E-8	3.2%
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 2\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	3.0E-8	3.2%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van downstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van downstream	2.3E-8	2.5%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van upstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van upstream	2.3E-8	2.5%
Overig	8.2E-7	88.5%
Totaal	1.9 10⁻⁶	100.0%

Tabel 6: Bijdrage Scenario's aan 1E-06 per jaar PR Contour ten Zuiden van de Inrichting

Scenario	Risico [/jaar]	Fractie
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\full bore rupture van downstream inblock\full bore rupture van downstream inblock fixed duration release	1.4E-7	17.6%
injectie\injectie\Lines\GTS - Metering\Route\24 inch line\Long Pipeline full bore 24 inch delayed\Long Pipeline Breach full bore 24 inch delayed	4.0E-8	5.1%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van downstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van downstream	2.9E-8	3.7%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van upstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van upstream	2.9E-8	3.7%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van downstream no inblock\Long Pipeline Breach full bore rupture van downstream no inblock	2.4E-8	3.1%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van upstream no inblock\Long Pipeline Breach full bore rupture van upstream no inblock	2.4E-8	3.1%
injectie\injectie\Lines\Metering\Route\26 inch metering ringline header\Long Pipeline full bore 26 inch\Long Pipeline Breach full bore 26 inch	2.4E-8	3.1%
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 1\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	2.3E-8	3.0%
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 2\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	2.3E-8	3.0%
injectie\injectie\Lines\GTS - Metering\Route\24 inch line\Long Pipeline full bore 24 inch\Long Pipeline Breach full bore 24 inch	1.8E-8	2.3%
prod co\productie\Leidingen\Slugcatcher\Route\28 inch outlet\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit fixed duration release	1.6E-8	2.1%
prod co\productie\Leidingen\Slugcatcher\Route\28 inch inlet\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit fixed duration release	1.4E-8	1.8%
FF productie\FF productie\Leidingen\Slugcatcher\Route\28 inch outlet\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit fixed duration release	1.4E-8	1.8%
injectie\injectie\Lines\Slugcatcher\Route\28 inch inlet and outlet\full bore rupture van upstream\full bore rupture van upstream time-varying leak	1.4E-8	1.8%
FF productie\FF productie\Leidingen\Slugcatcher\Route\28 inch inlet\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit\full bore rupture van upstream delayed ESD sluit fixed duration release	1.2E-8	1.5%
Overig	3.3E-7	43.2%
Totaal	7.7E-7	100.0%

Tabel 7: Bijdrage Scenario's aan 1E-06 per jaar PR Contour ten Westen van de Inrichting

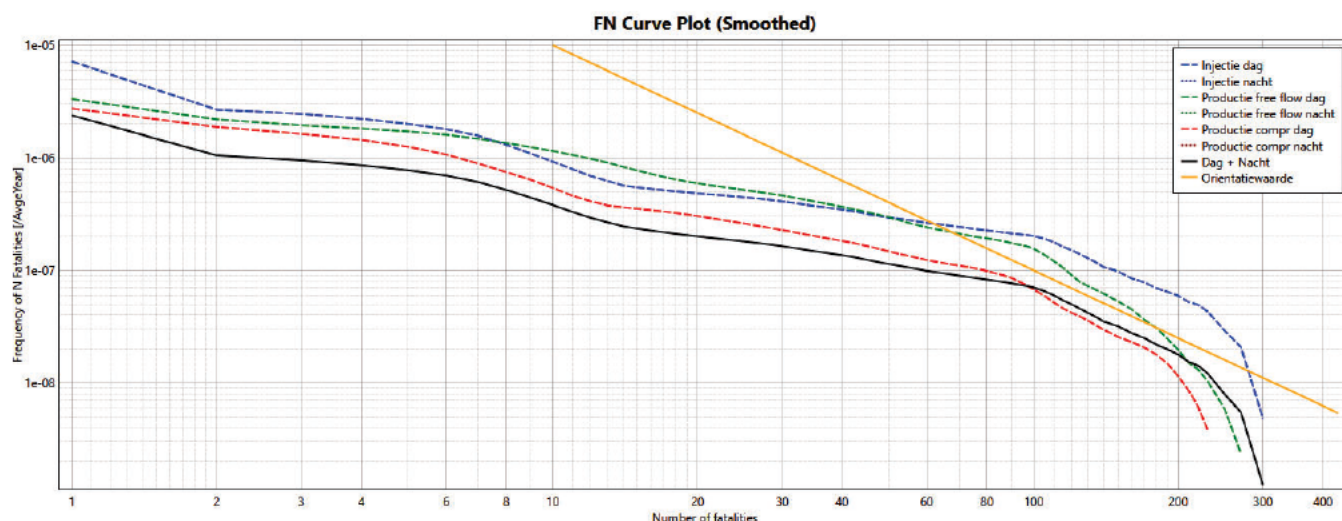
Scenario	Risico [/jaar]	Fractie
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van downstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van downstream	2.1E-8	2.2%
injectie\injectie\Lines\Pig launcher\Route\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van upstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van upstream	2.1E-8	2.2%
prod co\productie\DPCU trein 1\Reg gas heater\Long Pipeline E1413 cat falen up direct FCV werkt\Long Pipeline Breach E1413 cat falen up direct FCV werkt	2.0E-8	2.2%
prod co\productie\DPCU trein 2\Reg gas heater\Long Pipeline E1423 cat falen up direct\Long Pipeline Breach E1423 cat falen up direct	1.9E-8	2.0%
prod co\productie\DPCU trein 1\Reg gas heater\Long Pipeline E1413 cat falen down direct FCV werkt\Long Pipeline Breach E1413 cat falen down direct FCV werkt	1.7E-8	1.8%
prod co\productie\DPCU trein 2\Reg gas heater\Long Pipeline E1423 cat falen down direct\Long Pipeline Breach E1423 cat falen down direct	1.5E-8	1.6%
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 1\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	1.5E-8	1.6%
injectie\injectie\Lines\Compression outlet shop 2\Route\24 inch discharge header\full bore down 24 inch delayed inblock werkt\full bore down 24 inch delayed inblock werkt fixed duration release	1.5E-8	1.6%
FF productie\FF productie\DPCU trein 1\Reg gas heater\Long Pipeline E1413 cat falen up direct FCV werkt\Long Pipeline Breach E1413 cat falen up direct FCV werkt	1.4E-8	1.5%
Overig	7.8E-7	83.3%
Totaal	9.4E-7	100.0%

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat de ligging van de 1E-06 per jaar PR contour ten noorden, westen en ten zuiden van BKM vooral wordt bepaald door het risico op de leidingbreuk van de BGS transportleiding en aan de oostzijde eveneens door de Regeneratie Gas/Gas heat exchangers (warmtewisselaars).

De dry gas cooling loop heeft geen significante bijdrage aan de ligging van de 1E-06 per jaar PR contour.

7.3 Groepsrisico

Het groepsrisico voor de inrichting Boekelermeer is weergegeven in onderstaande figuur. De oranje lijn geeft de oriënterende waarden zoals vermeld in de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [6] weer. De zwarte lijn geeft het berekende totale groepsrisico weer. Tevens is de bijdrage van de verschillende operationele modi weer gegeven zonder de factie van de tijd dat deze in operatie is in het groepsrisico te verdisconteren.



Figuur 15: Groepsrisico inrichting BKM

Het totale groepsrisico (zwarte curve) voor de inrichting BKM overschrijdt de oriëntatiewaarde niet.

Het berekende groepsrisico ligt juist onder de oriëntatiewaarde. Het dichtst bij de oriëntatiewaarde ligt het groepsrisico bij circa 100-200 slachtoffers en nadert deze tot circa 75%. Bij grotere en kleinere groepen is deze afstand groter.

Om inzicht te krijgen in welke installatieonderdelen het gerealiseerde groepsrisico veroorzaken, is de bijdrage bepaald per behandelingsinstallatie en is gekeken welke scenario's de belangrijkste bijdrage leveren aan het groepsrisico. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel waarbij de scenario's met een bijdrage > 5% expliciet vermeld zijn.

Tabel 8: Bijdrage bepalende scenario's aan gerealiseerde groepsrisico

Scenario	Risico-integraal ²	1 dode	10 doden	100 doden	1000 doden
	[%]	[per jaar]	[per jaar]	[per jaar]	[per jaar]
Injectie\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van downstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van downstream	22.2	5.5E-4	3.7E-9	6.4E-9	1.3E-8
Injectie\24 inch BGS transportline\Long Pipeline full bore rupture van upstream\Long Pipeline Breach full bore rupture van upstream	22.2	5.5E-4	3.7E-9	6.4E-9	1.3E-8
Injectie\Compression outlet shop 1\24 inch discharge header\Long Pipeline full bore down 24 inch direct\Long Pipeline Breach full bore down 24 inch direct	11.7	2.9E-4	2.7E-9	3.6E-10	2.2E-9
Injectie\Compression outlet shop 2\24 inch discharge header\Long Pipeline full bore down 24 inch direct\Long Pipeline Breach full bore down 24 inch direct	11.7	2.9E-4	2.7E-9	3.6E-10	2.2E-9
Overig	32.3	8.0E-4	2.7E-5	7.5E-7	2.6E-7
Totaal	100.0	2.5E-3	2.7E-5	7.6E-7	2.9E-7

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de volgende scenario's bepalend zijn voor het groepsrisico:

- Injectie Mode\24 inch BGS transportline\full bore rupture van up en downstream.
- Injectie Mode\Compression outlet shop 1 en 2\24 inch discharge header\full bore down 24 inch direct.

De dry gas cooling loop heeft geen significante bijdrage aan het groepsrisico.

² Bij een risico aversie index van 2.

8 CONCLUSIE

Het externe risico is berekend conform de meest recente versie van het ROV [8] met de meest recente versie van Safeti-NL [1]. In deze risicoberekeningen is zoveel mogelijk maatwerk toegepast in de modellering van de risico's.

8.1 Aandachtsgebieden

De grootste 1% letaliteitsafstand wordt veroorzaakt door de niet direct ingeblokte full bore rupture van 28 inch inlaat van de Compression Shop met een 1% letaliteitsafstand van 857 m.

De grootste 1% letaliteitsafstand van de PR dominerende scenario's is 307 m.

Er vallen kwetsbare en beperkt kwetsbare gebouwen en locaties binnen de brand- en explosie-aandachtsgebieden. Omdat het maximale aantal dodelijke slachtoffers meer is dan 10, zal er door het bevoegd gezag een omgevingsplan moeten worden opgesteld.

8.2 Plaatsgebonden risico

De 1E-06 per jaar PR-contour blijft binnen de veiligheidszone-bevi (als blauwe contour weergegeven in Figuur 2 en Figuur 14), zoals opgesteld voor het Rijksinpassingsplan (RIP) [12] en vigerend in de bestemmingsplannen Boekelermeer Noord [13] en Boekelermeer Zuid [14]. Binnen deze veiligheidszone bevinden zich geen kwetsbare gebouwen (uitsluitend beperkt kwetsbare gebouwen).

Het berekende Plaatsgebonden Risico voldoet derhalve aan de normstelling in het Bkl [2]. De ligging van de 1E-06 per jaar PR contour ten noorden, westen en ten zuiden van BKM vooral wordt bepaald door het risico op de leidingbreuk van de BGS transportleiding en aan de oostzijde eveneens door de Regeneratie Gas/Gas heat exchangers (warmtewisselaars).

De dry gas cooling loop heeft geen significante bijdrage aan de ligging van de 1E-06 per jaar PR contour.

8.3 Groepsrisico

Het berekende groepsrisico ligt juist onder de oriëntatiewaarde. Het dichtst bij de oriëntatiewaarde ligt het groepsrisico bij circa 100-200 slachtoffers en nadert deze tot circa 75%. Grotere en kleinere groepen naderen de oriëntatiewaarde tot minder dichtbij.

In de directe omgeving van de BKM is uitgegaan van een relatief lage dichtheid van 5 personen per hectare. Met de oriëntatiewaarde als maximale waarde voor het groepsrisico laten de berekende resultaten ruimte voor hogere dichtheden. De personendichtheden kunnen tot wel enkele malen worden verhoogd zonder dat de oriëntatiewaarde wordt overschreden. In de berekeningen is uitgegaan van het verhogen van een dichtheid per kavel. Bij een afwijkende personendichtheid over meerdere kavels binnen het RIP kunnen de uitkomsten verschillen. Dit geldt ook voor de kavels binnen het bestemmingsplan Boekelermeer Noord en Boekelermeer Zuid.

De belangrijkste bijdragen aan het groepsrisico wordt geleverd door de volgende scenario's:

- Injectie Mode\24 inch BGS transportline\full bore rupture van up en downstream.
- Injectie Mode\Compression outlet shop 1 en 2\24 inch discharge header\full bore down 24 inch direct.

De dry gas cooling loop heeft geen significante bijdrage aan het groepsrisico.

9 REFERENTIES

<u>Ref</u>	<u>Titel</u>
1.	<i>Safeti-NL</i> , DNV, V9.2, oktober 2024
2.	<i>Besluit kwaliteit leefomgeving (inclusief nota van toelichting)</i> , Ministerie van Infrastructuur en Milieu, geraadpleegd september 2025.
3.	<i>Omgevingsregeling</i> , Ministerie voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, geraadpleegd september 2025
4.	<i>Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen</i> , Ministerie VROM
5.	<i>Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen</i> , Ministerie Minister voor Milieu en Wonen
6.	<i>Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico</i> , Ministerie VROM, november 2007.
7.	<i>Handleiding Risicoberekeningen BEVI</i> , RIVM, versie 4.3, 11 januari 2021.
8.	<i>Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid</i> , RIVM, januari 2025
9.	<i>Aanpassing berekeningswijze aandachtsgebieden</i> , Brief Van De Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, Tweede Kamer, vergaderjaar 2022-2023, 28 089, nr. 263.
10.	<i>Kwantitatieve Risicoanalyse (QRA) Boekelermeer</i> , Royal Haskoning DHV, I&BBE3331-101-100R001F02 rev. 2, 2 september 2016.
11.	<i>Kwantitatieve risicoanalyse gasbehandelings- en compressie locatie Boekelermeer (BKM)</i> , Risktec Solutions, TRISNL-01-R-01, Rev. 1.0, 7 december 2023
12.	<i>Inpassingsplan Gasopslag Bergermeer</i> , Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, NL.IMRO.0000.EZip09Bergermeer-3001, 29 april 2011.
13.	<i>Bestemmingsplan Boekelermeer Noord</i> , Gemeente Alkmaar, NL.IMRO.0361.BP00111-0305, 4 april 2013.
14.	<i>Bestemmingsplan Boekelermeer Zuid</i> , Gemeente Alkmaar, NL.IMRO.0361.BP00112-0305, 4 april 2013.
15.	Kaarten Atlas Leefomgeving (geraadpleegd op 3 augustus 2023).
16.	Kaarten Atlas Leefomgeving (geraadpleegd op 5 november 2025)

Appendix A TOELICHTING PER INSTALLATIEDEEL

Slokkenvanger V-1301

De slugcatcher (V-1301) is een installatiedeel waarin vloeistof (gecondenseerd water en hogere koolwaterstoffen, ofwel aardgascondensaat) wordt afgevangen. Het (ongestabiliseerde) aardgascondensaat bestaat uit een mengsel van voornamelijk water en hogere koolwaterstoffen en is conform ROV [8] gemodelleerd als n-butaan. Het gas dat van de Bergermeer puttenlocatie naar de Boekelermeer locatie wordt getransporteerd bevat doorgaans geen aardgascondensaat. Alleen tijdens zogenaamde "pigging-activiteiten" wordt aardgascondensaat verwacht. De verwachting is dat er ca. eenmaal per maand pigging activiteiten plaatsvinden, welke ca. 6 uur duren (een totaal van 72 uur per jaar).

In ROV [8] Tabel 10.12 zijn de volgende scenario's voor (finger type) slokkenvangers geformuleerd:

	Scenario	Frequentie (per buis per jaar)
1.	Breuk van een buis met een effectieve diameter ter grootte van de inwendige diameter van de buizen	5E-07
2.	Vrijkomen van de volledige inhoud van een buis in 10 minuten in een continue en constante stroom	5E-07
3.	Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1E-07

Noot: De slokkenvanger is grotendeels ingegraven. De scenario's zijn om deze reden 80% verticaal gemodelleerd en 20% horizontaal [10].

Voor de slokkenvanger zijn de volgende procesgegevens gebruikt [10 en 11].

	Free Flow Productie	Productie + compressie	Injectie
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 1 en 3	Onbeperkt	Onbeperkt	428 m ³
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 2	18,7 m ³	18,7 m ³	18,7 m ³
Druk	86 barg	80 barg	75 barg
Temperatuur	55 °C	55 °C	20 °C

Free Flow Productie [10]

Een breuk van (één van de) vingers in het bovengrondse deel kan resulteren in twee onafhankelijke fakkelbranden.

Bij een breuk van een van de vingers tijdens productie stroomt gas vanuit de Bergermeer zijde uit de twee aanvoerende leidingen met een lengte van 8300 meter en een diameter van 30". Deze zijde kan ingesloten worden door twee parallelle ESD's. De werking van deze ESD systemen zijn meegenomen voor de vertraagde ontsteking. De kans dat deze ingrijpen is 90% per klep (na 28 + 2 sec). De uitstroming is gemodelleerd met het long pipeline model met een equivalente diameter op basis van de aanvoerende leidingen. Omdat de relatieve uitstroomopening (aansluiting is 17,8" I.D.) kleiner is dan 20% is de equivalente diameter verkleind tot $\sqrt{5}$ * uitstroomopening. Van GTS zijde (downstream) stroomt gas uit de equipment, gevoed door de aanvoerende leidingen van 36 en 24". De uitstroomopening is hier 26,5" I.D. Downstream kan ingegrepen worden door snelsluitende (3 sec) SIL-3 kleppen. De kans dat deze ingrijpen is 99,9% per klep.

De modellering van het bovengrondse deel van de vingers van de slokkenvanger is samengevat in onderstaande tabel.

Scenario	Model	Druk (barg)	Temp (°C)	Lengte (m)	ESD (m)	Sluittijd (sec)
Cat. falen up direct	Long pipe	86	20	8300	-	-
Cat. falen up delayed wel ESD	Long pipe	86	20	8300	7766	30
Cat. falen up delayed geen ESD	Long pipe	86	20	8300	-	-
Cat. falen down direct	Long pipe	66	20	3854	3357	3
Cat. falen down delayed wel ESD	Long pipe	66	20	3854	3357	3
Cat. falen down delayed geen ESD	Long pipe	66	20	3854	-	-

Het ondergrondse deel is gemodelleerd met het long pipeline model gebaseerd op de maatgevende upstream aanvoerleidingen. In dit model is uitgegaan van een standaard lengte van 64 km, waarbij de breuk halverwege plaats vindt. Aangezien de brandbare wolk niet tot buiten de inrichtingsgrens komt, is alleen directe fakkelbrand meegenomen. De ESD's zijn voor het ondergrondse deel niet meegenomen.

Productie met compressie [10]

Wanneer de druk in de putten en dus de aanvoerende leidingen terugloopt, worden de compressoren bijgeschakeld. De overige configuratie blijft gelijk. De modellering van de scenario's tijdens 'productie met compressie' zijn daarom op vrijwel gelijke wijze gemodelleerd aan reguliere compressie. De druk in de aanvoerende leidingen is voor deze configuratie maximaal 80 barg.

Injectie [10]

Gedurende de injectiefase is de slugcatcher niet in gebruik en is deze ingeblokt. Bij een breuk van één van de buizen zal 1/6^e van het volume instantaan vrijkomen, gevolgd door nalevering van de rest van de inhoud van de slokkenvanger. Deze nalevering vindt plaats uit een 20 inch gat (452 mm). Dit geeft een totale uitstroming van (1061 kg + 20* 889 kg) 18841 kg. Dit vrijkomen is gemodelleerd met een fixed duration release gedurende 20 seconde. Na 20 seconde is vrijwel de gehele inhoud vrijgekomen, de vertraagde fakkelbrand is daarom niet gemodelleerd.

Feed coolers

De feed coolers (E-1310/1320/1330/1340/1350/1360) zijn fin fan coolers. In de onderstaande tabel zijn de scenario's opgenomen uit het ROV [8] Tabel 10.21.

#	Scenario	Frequentie (per jaar)
1.	Breuk van 10 pijpen tegelijkertijd	1E-05
2.	Breuk van 1 pijp	1E-03

Voor de feed coolers koelers zijn de volgende procesgegevens gebruikt [10 en 11].

	Productie	Productie + compressie	Injectie
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 1 en 2	35 m ³	Onbeperkt	Onbeperkt
Druk	75 barg	73 barg	66 barg
Temperatuur	20 °C	20 °C	9,8 °C

De breuk van 10 pijpjes (à 0.75") is gemodelleerd met het line rupture model met een diameter van 60 mm bij heersende druk en temperatuur. Om de tweezijdige uitstroming mee te nemen is de frequentie verdubbeld. De

effecten van een breuk van één van de pijpen komt niet tot over de inrichtingsgrens en is daarom niet meegenomen [10].

Suction KO Drums

De suction KO-drums (V-1310/1320/1330/1340/1350/1360) zijn vaten waar aardgascondensaatresten uit de gasstroom kunnen worden afgescheiden. Tijdens productie (zonder compressie) is deze sectie met een volume van 35 m³ ingesloten.

Deze KO-drums zijn beschouwd als scheiders zonder complexe internals [10]. Voor vloeistofscheiders zonder complexe internals zijn in het ROV [8] Tabel 10.10 de volgende scenario's opgenomen:

#	Scenario	Frequentie (per jaar)
1.	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5E-07
2.	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5E-07
3.	Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1E-05

Voor de feed suction KO-drums zijn de volgende procesgegevens gebruikt [10 en 11].

	Productie	Productie compressie +	Injectie
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 1 en 3	35 m ³	Onbeperkt	Onbeperkt
Druk	75 barg	73 barg	66 barg
Temperatuur	20 °C	20 °C	9,8 °C

Bij een catastrofaal falen van de KO-drum wordt terugstroming door de compressor niet aannemelijk geacht [10]. De sectie kan worden ingesloten door snelsluitende ESD's. De kans op succesvol ingrijpen (na optreden van de LOC) is 99,9% [10]. De frequenties voor de scenario's waar niet succesvol wordt ingegrepen zijn kleiner dan 10⁻⁹ en daarom conform de ROV niet meegenomen in de QRA.

Productie

Tijdens productie kan de inhoud van de KO-drum instantaan vrijkomen gevolgd door de rest van de inhoud van de ingesloten sectie. Deze inhoud komt in circa 5,5 sec vrij. Dit is gemodelleerd met het fixed duration model in Safeti. Omdat in deze korte tijd geen fakkel kan worden opgebouwd is de ontstekingskans voor dit scenario 0.

Productie met compressie [10 en 11]

Het scenario per drum kan voor productie met compressie als volgt worden samengevat.

Scenario	Model	Druk (barg)	Temp (°C)	Lengte (m)	ESD (m)	Sluittijd (sec)
Cat falen up direct	Long pipe	73	20	8300	8020	3

Injectie [10 en 11]

De modellering in de injectiefase is vrijwel identiek, alleen stroomt in dit geval het gas van GTS zijde:

Scenario	Model	Druk (barg)	Temp (°C)	Lengte (m)	ESD (m)	Sluittijd (sec)
Cat falen up direct	Long pipe	66	9,8	3854	3420	3

Compressoren

De compressoren K-1510/1520/1530/1540/1550/1560 zijn centrifugaalcompressoren die het gas comprimeren en de druk verhogen. Deze compressoren voldoen aan de definitie uit de ROV van hogedruk centrifugaalcompressoren (zie ROV [8] Tabel § 10.6.3.5). Voor hogedruk centrifugaalcompressoren wordt het onwaarschijnlijk geacht dat het

compressorhuis faalt [10]. Daarom zijn er geen specifieke uitstroombesonderheden meegenomen voor dit type compressor.

Balance Piston Air Coolers

De piston air coolers zijn net als de feed coolers zogenaamde fin fan coolers. De modellering van de scenario's is dan ook vrijwel identiek.

De gemodelleerde condities zijn [10 en 11]:

	Productie	Productie + compressie	Injectie
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 1 en 3	35 m ³	Onbeperkt	Onbeperkt
Druk	80 barg	73 barg	150 barg
Temperatuur	30 °C	30 °C	60 °C

De breuk van 10 pijpen is voor de piston air coolers gemodelleerd met het line rupture model met een diameter van 65,5 mm [10].

After Coolers van de compressortreinen

De compressie after coolers koelen het gecomprimeerde gas tot de gewenste temperatuur. Ook deze after coolers zijn zogenaamde fin fan coolers. De druk is dus gelijk aan de outlet van de compressoren. De aftercoolers zijn op identieke wijze gemodelleerd als de piston air coolers [10].

Wet Gas Scrubbers van de DPCU treinen

De wet gas scrubbers worden gebruikt om de resten water en aardgascondensaat uit het gas te filteren voordat deze verder worden gedroogd in de adsorbers. Voor gaswassers (waaronder scrubbers) zijn in ROV [8] Tabel 10.14 de volgende scenario's opgenomen.

#	Scenario	Frequentie (per jaar)
1.	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van het vat	5E-06
2.	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5E-06
3.	Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1E-04

De gemodelleerde condities zijn [10 en 11]:

	Productie	Productie + compressie	Injectie
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 1 en 3	Onbeperkt	Onbeperkt	40 m ³
Druk	86 barg	80 barg	67 barg
Temperatuur	20 °C	20 °C	20 °C

Tijdens injectie is de wet gas scrubber shop ingeblokt (40 m³). Tijdens productie zijn de HIPPS kleppen 14UV001 t/m 004 in ESD service waarmee shop 1 en 2 kunnen worden ingeblokt [10].

Productie [10]

De modellering van het instantaan vrijkomen van het vat is analoog gemodelleerd aan de KO vessels tijdens injectie en (productie met compressie). De uitstroomopening is in dit geval 24 inch nominaal (22,8 inch I.D.). De kans op succesvol ingrijpen (na optreden van de LOC) van de snelsluitende ESD's is 99,9%. Bij succesvol inblokken is de gehele inhoud binnen enkele seconden uitgestroomd. De kans op directe ontsteking is daarom 0. De frequenties voor de directe scenario's waar niet succesvol wordt ingegrepen zijn kleiner dan 10E-09 per jaar en daarom conform

de ROV niet meegenomen in de QRA. Voor de late fakkelbrand kan voor succesvol ingrijpen geen scenario worden geformuleerd. Voor het falen van de ESD's is het scenario ook analoog aan de KO vessels.

Productie met compressie [10]

De scenario's voor productie met compressie zijn identiek aan de scenario's voor 'free flow' productie alleen met een lagere aanvoerdruk upstream.

Injectie [10]

Het instantaan vrijkomen van de inhoud tijdens injectie is gemodelleerd met het lek model waarbij de inhoud van de wet gas scrubber shop vrij kan komen uit het 24 inch gat. Om de tweezijdige uitstroming mee te nemen is het volume gehalveerd en de frequentie verdubbeld.

Adsorbers (DPCU)

De adsorbers (D-1411 t/m D-1416 en D-1421 t/m D-1426) staan net als de wet gas scrubbers tijdens injectie ingesloten. De DCPU shop heeft een volume van 300 m³. De adsorbers zijn tijdens injectie ook afzonderlijk ingeblokt.

De scenario's en frequenties voor de adsorbers zijn gelijk aan de wet gas scrubbers (10.14 van de ROV [8]). Ook de gemodelleerde procescondities voor de adsorbers zijn gelijk aan de wet gas scrubbers. De scenario's voor productie zijn daarom gelijk aan de wet gas scrubbers. De adsorbers staan gedurende injectie afzonderlijk ingeblokt. Het volume van de ingeblokte adsorber is 24 m³. Dit is gemodelleerd met het 'catastrophic rupture' model.

Gas/Gas Heat Exchangers van de DPCU treinen

De warmtewisselaars E-1411/1412/1421/1422 zijn pijpwarmtewisselaars waarbij het gas wordt gekoeld dat in de adsorber in regeneratiemodus verlaat. De warmte wordt gebruikt om het gas voor te verwarmen dat de adsorbers (in cooling modus) verlaat naar de heaters.

Voor pijpenwarmtewisselaars waarbij zich gevaarlijke stof zowel in de mantel als in de pijpen bevindt zijn in ROV [8] Tabellen 3.24 en 3.25 de volgende scenario's gedefinieerd.

#	Scenario	Frequentie (per jaar)
1.	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5E-05
2.	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5E-05
3.	Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1E-03
4.	Breuk van 10 pijpen tegelijkertijd	1E-06

De gemodelleerde procescondities in de warmtewisselaar zijn gelijk aan de adsorbers [10].

Productie (met compressie) [10]

De modellering van het instantaan vrijkomen is analoog gemodelleerd aan de adsorbers. De nozzle aansluiting is circa 182 mm. Aangezien de kans op instantaan vrijkomen relatief hoog is (vergeleken met de scheidervaten) zijn ook de scenario's meegenomen voor het niet succesvol inblokken van de DCPU shop.

Bij een breuk van 10 pijpen en de mantel komt de inhoud van de mantel ineens vrij, gevolgd door de nalevering uit de pijpen en de twee nozzles. Dit komt overeen met een representatieve diameter van 266.38 mm. De totale uitstroming is gemodelleerd met het user defined source model.

Injectie [10]

De scenario's zijn analoog aan de scheidervaten in de DPCU shop, waarbij de uitstroming plaats vindt uit de ingesloten shop.

Regeneratie Gas Heaters (DCPU)

De regeneratie gas heaters (E-1413 en E-1423) zijn coil heaters in procesvaten. De scenario's en frequenties voor procesvaten zijn identiek aan scheidervaten met complexe internals. De modellering van deze gas heaters is daarom

vrijwel gelijk aan de wet gas scrubbers. De aansluitende verbindingen zijn 12 inch. Tijdens injectie is het ingesloten volume tussen de adsorbers in regeneratie 9,5 m³ [10].

Regeneratie Aftercoolers

De regeneratie aftercoolers E-1410 en E-1420 zijn zogenaamde fin fan coolers. De scenario's en frequenties voor deze koelers zijn gelijk aan de feed (en balance piston air) coolers. De binnendiameter van de pijpjes in de aftercooler zijn 22,1 mm per pijpje [10]. De scenario's zijn op gelijke wijze gemodelleerd als de feedcoolers met een equivalente diameter op basis van de binnendiameter van de aftercoolers.

Regeneratie KO Vessels DPCU treinen

In de regeneratieloops zijn KO vessels aanwezig die de gecondenseerde vloeistof van het gekoelde regeneratiegas afscheiden. De scenario's en frequenties voor deze vaten zijn gelijk aan de suction KO vessels. De KO vessels maken onderdeel uit van de regeneratieloop en zijn tijdens injectie ingeblokt [10]. De modellering van het instantaan vrijkomen van deze vaten is gelijk aan het bezwijken van de regeneratie gas heaters (aansluiting is 12 inch [10]).

Filter Separatoren DPCU treinen

In de DCPU shops zijn filter separatoren geplaatst om de equipment te beschermen tegen eventuele silicadeeltjes. De scenario's voor filterseparatoren zijn conform de ROV gelijk aan de scheiders zonder complexe internals (identiek aan KO vessels). Deze filterseparatoren maken onderdeel uit van de DCPU shops en staan tijdens injectie ingesloten (300 m³) [10]. De modellering van deze scenario's is dus gelijk aan de adsorbers met een 10 maal lagere faalkans met 24 inch (22,8 inch I.D.) aansluiting.

Aardgascondensaat opslagtanks

Er zijn twee opslagtanks (T1630 en T1631) waarin tot 500 m³ gestabiliseerd aardgas aardgascondensaat wordt opgeslagen. Deze tanks hebben ieder een eigen opvangput. De putten zijn ontworpen om de gehele inhoud te kunnen opvangen en hebben een oppervlak van 350 m².

De scenario's voor enkelwandige atmosferische opslagen zijn, conform ROV [8] Tabel 10.1:

#	Scenario	Frequentie (per jaar)
1.	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5E-06
2.	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5E-06
3.	Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1E-04

Het gestabiliseerd aardgascondensaat is gemodelleerd conform ROV Tabel 10.1 als n-hexaan. In de opslag is geen onderscheid gemaakt tussen verschillende operationele modi.

Aardgascondensaat verlading

Op het terrein wordt aardgascondensaat verladen met vrachtwagens. Gemiddeld wordt tweemaal per week verladen, ofwel 104 maal per jaar.

Voor tankwagenverlading zijn in ROV [8] Tabellen 3.29, 3.37 en 3.38 de volgende scenario's de volgende scenario's geformuleerd:

#	Scenario	Frequentie	Eenheid
1.	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	1E-05	per jaar
2.	Continu uitstroming uit de grootste aansluiting	5E-07	per jaar
3.	Volledige breuk van de laad-/loslang	4E-06	per uur
4.	Lekkage van de van de laad-/loslang met een effectieve diameter van 10%) van de nominale diameter, maximaal 50 mm	4E-05	per uur
5.	Instantaan falen tgv domino effect: plasbrand	5,8E-09	per uur

Letale effecten als gevolg van een incident tijdens de verlading komen niet tot over de inrichtingsgrens [10]. De scenario's zijn daarom niet gemodelleerd in deze QRA.

Leidingen

In de ROV worden diverse typen leidingen onderscheiden. De aardgasleidingen op de BKM zijn gemodelleerd als hogedruk aardgastransportleidingen (ook bekend als "interunit leidingen") [10]. Er is dus van uitgegaan dat aardgasleidingen op de BKM voldoen aan de eigenschappen zoals beschreven in ROV [8] § 10.4.3.3:

- Het is een rigide leiding, of een systeem van leidingen, met een lengte van minimaal 25 meter, een uitwendige diameter van minimaal 2 inch (0,051 m) en een ontwerpdruk van minimaal 16 bar (overdruk).
- Het ontwerp en beheer van de leiding zijn (minimaal) gelijkwaardig aan NEN 3650.
- Het product is aardgas met maximaal 80 m³ (aardgas)aardgascondensaat per miljoen Nm³ aardgas.
- Er is een analyse uitgevoerd van mogelijke faaloorzaken en voor deze faaloorzaken zijn aantoonbaar effectieve maatregelen geïmplementeerd. In het bijzonder worden de leidingen beschermd tegen aanrijdingen en hijs- en graafwerkzaamheden.

Voor hogedruk gastransportleidingen ("interunit leidingen") gelden de volgende scenario's en frequenties (ROV Tabel 10.9).

#	Scenario	Frequentie (per meter per jaar)
1.	Breuk van de leiding	5,6E-09
2.	Lek in de leiding (10% van de leidingdiameter, max. 50 mm)	2E-08
3.	Flenslek (10% van de leidingdiameter, maximaal 50 mm)	9,3E-07

Er wordt met betrekking tot frequenties geen onderscheid gemaakt tussen bovengrondse en ondergrondse leidingen. De uitstroomrichting voor bovengrondse leidingen is horizontaal, voor ondergrondse leidingen is deze verticaal.

Leidingen van GTS naar metering

De leidingen komend vanaf de GTS lopen vanaf de inrichtingsgrens naar de metering sectie. In deze leidingen is onderscheid te maken tussen:

- 36 inch ondergrondse transportleiding;
- 24 inch ondergrondse transportleiding;
- 36 inch ondergrondse header.

De leidingen zijn ondergronds gelegen, bij een breuk of lekkage resulteert dit dus in een verticale uitstroming.

De breuk van de leidingen is gemodelleerd met het long pipeline model met een standaardlengte van 64 km met een equivalente diameter op basis van de aanvoerleidingen van GTS zijde. De breuk van de leiding is op 32 km gemodelleerd (verticaal) met een uitstroomopening gelijk aan de interne diameter van de leidingen. Aangezien de transportleidingen op korte afstand van, en parallel aan, de inrichtingsgrens lopen is ook vertraagde ontsteking meegenomen. Aan BKM zijde zijn meerdere snelsluitende (en reguliere) ESD systemen welke in kunnen grijpen na een LOC, het niet succesvol ingrijpen van meerdere ESD systemen is daarom als niet aannemelijk beschouwd [10]. Voor het vertraagde scenario is daarom alleen uitstroming van GTS zijde meegenomen. Dit is gemodelleerd met het long pipeline model op basis van de 24 en 36 inch leidingen bij heersende druk.

Metering

In de sectie metering kunnen de volgende leidingen worden onderscheiden:

- 30 inch ondergrondse header;
- 24 inch ondergrondse outlet leiding;
- 36 inch ondergrondse header;
- 26 inch ondergrondse ringleiding;
- 20 inch bovengrondse metering.

De breuk van de ondergrondse leidingen is op identieke wijze gemodelleerd aan de leidingen van GTS zijde. Vertraagde ontsteking is voor deze leidingen conform ROV [8] § 10.8.3.3 niet beschouwd de LFL contour niet buiten de inrichting komt.

Voor het modelleren van de leidingbreuk is het volgende maatwerk toegepast [10]:

Voor het bovengrondse 20 inch leidingdeel is voor leidingbreuk net als bij de equipment onderscheid gemaakt tussen upstream en downstream nalevering welke resulteren in twee onafhankelijke fakkelbranden. Zowel upstream als downstream kan de sectie binnen 3 seconden worden ingesloten. De breuk van de leiding is op basis van het vereenvoudigde model uit de ROV gemodelleerd waarbij na 3 seconden kan worden ingegrepen (99,9% kans op succesvol ingrijpen na het optreden van de breuk). Ook het falen van de ESD's is beschouwd. Voor de vertraagde ontsteking is alleen het niet succesvol ingrijpen beschouwd aangezien na ingrijpen de metering sectie van 145 m³ na 20 seconden reeds is leeggestroomd. De locatie van de klep is net als bij de equipment gemodelleerd op de afstand waarbij zich het maximale volume, ofwel het gehele volume van de sectie van 145 m³ tussen breuk en klep bevindt.

Bergermeer – Pig Launcher

De 30 inch transportleidingenpijpleiding vanaf Bergermeer lopen binnen de inrichtingsgrens tot aan de pig launcher. De leidingen zijn ondergronds gelegen. De breuk van deze leiding is gelijk aan bovenstaand eerder beschreven ondergrondse leidingen met in dit geval een 30 inch (28,6 inch I.D.) uitstroomopening.

Pig launcher

De leidingen lopen van de Bergermeer transportleiding naar de slokkenvanger tot aan de compressie outlet header. De leidingen bestaan uit:

- 24 inch bovengrondse leiding van compressoren naar slokkenvanger,
- 28 inch bovengrondse leiding van transportleiding naar slokkenvanger.

24 inch bovengrondse leiding

Tijdens productie (incl. compressie) staat dit leidingdeel ingeblokt bij een druk van circa 70 barg. Tijdens injectie staan de kleppen open naar de BGS transportleiding. De volgende procescondities zijn voor deze leiding gehanteerd [10].

	Productie	Productie compressie	+	Injectie
Volume beschikbaar voor uitstroming scenario 1 en 3	40 m ³	40 m ³		Onbeperkt
Druk	70 barg	70 barg		150 barg

Productie (+compressie)

Het bezwijken van de leiding tijdens productie en productie met compressie is gemodelleerd met het leak model met een diameter van 580 mm bij 70 barg.

Injectie

De compressortreinen kunnen bij een breuk van de leiding worden ingeblokt met snelsluitende ESD's. Aangezien de compressortreinen zowel de inletshop als de outletshop zijn voorzien van deze kleppen is het niet succesvol ingrijpen in deze QRA als niet aannemelijk geacht [10]. Indien deze secties zijn ingeblokt, wordt de uitstroming van beide zijden bepaald door uitstroming uit één van beide 30" BGS transportleidingen.

De kleppen 13UV19 en 13UV20 kunnen de vertraagde fakkelbrand (na circa 30 sec) inblokken en dus beperken. Het bezwijken is dus van beide zijden gemodelleerd met het long pipeline model op basis van een van de 30" transportleidingen met een relatieve uitstroomopening van 0,64 (24"). Omdat de uitstroming na het sluiten van de ESD's geen 120 sec aanhoudt, is de totale uitstroming conform de ROV [8] noot 5 onder Tabel 10.23 gemiddeld over 120 seconden en gemodelleerd met het fixed duration model.

De gemodelleerde scenario's zijn [10]:

Scenario	Model	Druk (barg)	Lengte (m)	ESD (m)	Sluittijd (sec)
Cat falen up direct	Long pipe	150	8300	-	-
Cat falen up delayed wel ESD	Fixed duration release	150	8300	8180	30
Cat falen up delayed geen ESD	Long pipe	150	8300	-	-
Cat falen down direct	Long pipe	150	8300	-	-
Cat falen down delayed wel ESD	Fixed duration release	150	8300	8180	30
Cat falen down delayed geen ESD	Long pipe	150	8300	-	-

28 inch leidingdeel

Het 28 inch leidingdeel kan bij detectie van een lek of breuk aan beide zijden worden ingesloten door SIL 1 ESD's die zich in circa 30 sec kunnen sluiten [10]. Aan plant-zijde zijn ook snelsluitende ESD's aanwezig.

Productie

Een breuk tijdens free flow productie is van upstream-zijde (BGM) gemodelleerd met het long pipeline model op basis van de aanvoerende leidingen met een werkdruk tot 86 barg. De ESD's zijn niet in staat de sectie binnen 20 seconde af te sluiten en zijn dus voor de directe fakkelbrand niet meegenomen. Voor de vertraagde fakkelbrand is het scenario opgesplitst in succesvol (90% [10]) ingrijpen van de ESD's en het niet ingrijpen (10%) van deze systemen. De locatie van de ESD is bepaald door het volume van de sectie te delen door de gemodelleerde diameter. De uitstroming voor de vertraagde fakkelbrand houdt geen 120 sec aan. De totale uitstroming is daarom conform de ROV [8] § 10.8.3.5 gespreid over 120 seconde gemiddeld. De downstream uitstroming is op gelijke wijze gemodelleerd op basis van de transportleidingen naar GTS. Ook deze zijde kan worden afgesloten door de SIL 1 ESD's. De snelsluitende SIL 3 ESD's zijn voor deze leiding niet meegenomen.

Productie met compressie

Productie met compressie is op gelijke wijze gemodelleerd als de free flow productie. Alleen de druk van de aanvoerende leidingen is lager (max 80 barg).

Injectie

De modellering van het 28 inch leidingdeel is gelijk aan het 24 inch deel. De relatieve uitstroomopening voor de BGM zijde is vergroot tot 90%.

Slugcatcher (slokkenvanger)

In de slugcatcher sectie, met een inhoud van 428 m³, zijn de volgende leidingen geïdentificeerd:

- 28 inch leiding van transportleidingen naar de slugcatcher,
- 28 inch bovengrondse leiding van slugcatcher naar compressor inlet shop.

De slugcatcher sectie is tijdens injectie gesloten bij een druk tot circa 75 barg.

Aan de BGM-zijde kan bij een incident de sectie worden ingesloten door SIL 1 ESD's. Aan plant zijde de snelsluitende SIL 3 ESD's.

Productie, productie met compressie en injectie

De modellering van een breuk van deze leidingen is op analoge wijze gemodelleerd aan het bezwijken van een van de vingers van de slokkenvanger. De gemodelleerde uitstroomopening is voor beide zijden 28 inch.

Compression inlet shop

De compressor inlet shop bestaat uit een 28 inch leiding van de slugcatcher naar de compressoren. Deze sectie heeft een inhoud van 25 m³.

Productie

Tijdens free flow productie zijn de compressoren niet bijgeschakeld en kunnen de snelsluitende kleppen de sectie niet insluiten. De SIL 1 kleppen bij de slokkenvanger kunnen de sectie aan een zijde insluiten, indien de kleppen in de DPCU succesvol ingrijpen kan vanuit de andere shop nog nalevering plaats vinden (welke ook bij de slokkenvanger kan worden ingesloten). De breuk van de leiding is voor zowel upstream als downstream gemodelleerd als uitstroming van BGM-zijde met ingrijpen van de ESD systemen na 30 sec. [10].

Productie met compressie en injectie

In geval geproduceerd wordt met compressie en gedurende injectie kan de sectie worden ingeblokt tussen de inletshop en de outletshop met snelsluitende kleppen (SIL 3). De breuk van deze leiding is gemodelleerd met het long pipeline model waarbij van beide zijden (130m³) in 3 seconden de kleppen sluiten (en het niet succesvol ingrijpen) [10].

Compressor sections

De leidingen in deze sectie zijn 18 inch leidingen naar de suction coolers, de KO vessels en de compressoren. Tijdens free flow compressie staat deze sectie ingeblokt bij circa 75 barg.

Productie

De breuk van deze leidingen tijdens compressie is gemodelleerd met het lek model waarbij de inhoud van de sectie vrij kan komen. In verband met tweezijdige uitstroming is de faalfrequentie verdubbeld.

Productie met compressie en injectie

Breuk van deze leidingen tijdens productie met compressie en injectie is op gelijke wijze gemodelleerd aan de inletshop. Terugstroming door de compressoren is niet aannemelijk geacht [10], voor de zuigleidingen is daarom alleen upstream uitstroming meegenomen.

Compressor outletshop

De leidingen in de compressor outlet shop bestaan uit:

- 16 inch bovengrondse discharge leiding,
- 24 inch bovengrondse discharge header.

De modellering van deze sectie is vrijwel identiek aan de inletshop sectie. Gedurende compressie modi kunnen de snelsluitende ESD's ingrijpen. De temperatuur is gedurende injectie circa 55 °C, de druk is vanuit beide zijden tot 150 barg.

DPCU treinen

De DPCU treinen bestaan uit wet gas scrubber shops (40m³) en de DPCU (~300 m³). Tijdens injectie staan deze secties ingeblokt bij een druk van 75 barg. Tijdens productie (met en zonder compressie) wordt in deze sectie bij een druk tot circa 75 barg de laatste resten aardgascondensaat uit het gas verwijderd.

De volgende leidingen kunnen worden onderscheiden:

- 24 inch bovengrondse leiding (wet gas scrubber),
- 24 inch header (DPCU),
- 12 inch in- en outlets (DPCU),
- 12 inch regeneratie leidingen (DPCU).

Productie (compressie)

De modellering van de leidingen in deze sectie is op analoge wijze uitgevoerd als aan de bovenbeschreven leidingen. Gedurende productie kunnen de snelsluitende ESD's ingrijpen. Vóór de DPCU treinen is een regelklep (15PV017 en 15 PV018) aanwezig die de uitstroming bij het wegvallen van de druk enigszins beperken. Door de grote kans op het succesvol ingrijpen van de ESD (SIL 3) systemen draagt deze restrictie niet noemenswaardig bij aan de externe risico's.

Injectie

Tijdens injectie staat de sectie ingeblokt. De modellering van de leidingbreuken tijdens injectie zijn daarom gemodelleerd met het 'lek' model met een diameter gelijk aan de interne leidingdiameter uit een volume gelijk aan het ingeblokte volume in de sectie.

Dry gas cooling loop

De modellering van de leidingen in deze sectie is op analoge wijze uitgevoerd als aan de bovenbeschreven leidingen van de slug catcher naar de proces units.

Free Flow Productie

Tijdens de free flow productie mode zijn de compressoren niet in gebruik. Derhalve zijn er geen scenario's gemodelleerd tijdens deze productie mode.

Productie met compressie en Injectie

De flexibele leidingen vanaf de twee parallelle 18" Compressor Inlet Headers naar het Dry gas cooling loop Manifold zijn gemodelleerd als bovengrondse leidingen met horizontale uitstromingen vanuit zowel stroomopwaartse zijde (Compressor Inlet Headers) als stroomafwaartse zijde (Dry gas cooling loop Manifold).

De flexibele leidingen vanaf de het Dry gas cooling loop Manifold naar iedere individuele compressor zijn gemodelleerd als bovengrondse leidingen met horizontale uitstromingen vanuit uitsluitend de zowel stroomopwaartse zijde (Dry gas cooling loop Manifold) omdat de eventuele stroomafwaartse zijde (compressoren) insignificant is door de aanwezige terugslagkleppen en RO's.

De druk in de flexibele leidingen is gelijk aan de GTS druk (maximaal 66 barg).

Omdat de Soluforce flexibele leidingen voldoen aan API17J zijn de faalfrequenties conform ROV [8] Tabel 10.8 van toepassing.

	Frequentie per meter per jaar		
	D<75 mm	75 ≤ D ≤ 150 mm	150 mm < D
Breuk van de leiding	5E-06	1,5E-06	5E-07
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter van de leiding, met een maximum van 50 mm	2,5E-05	1E-05	2,5E-06

Appendix B SAFETI-NL SCENARIOS

De input van de Safeti-NL scenario's is opgenomen in bijgevoegde MS Excel file



QRA_20251011.xlsx

Appendix C PERSONENDICHTHEID

De kavels conform het vlekkenplan uit het bestemmingsplan zijn weergegeven in onderstaande figuur.



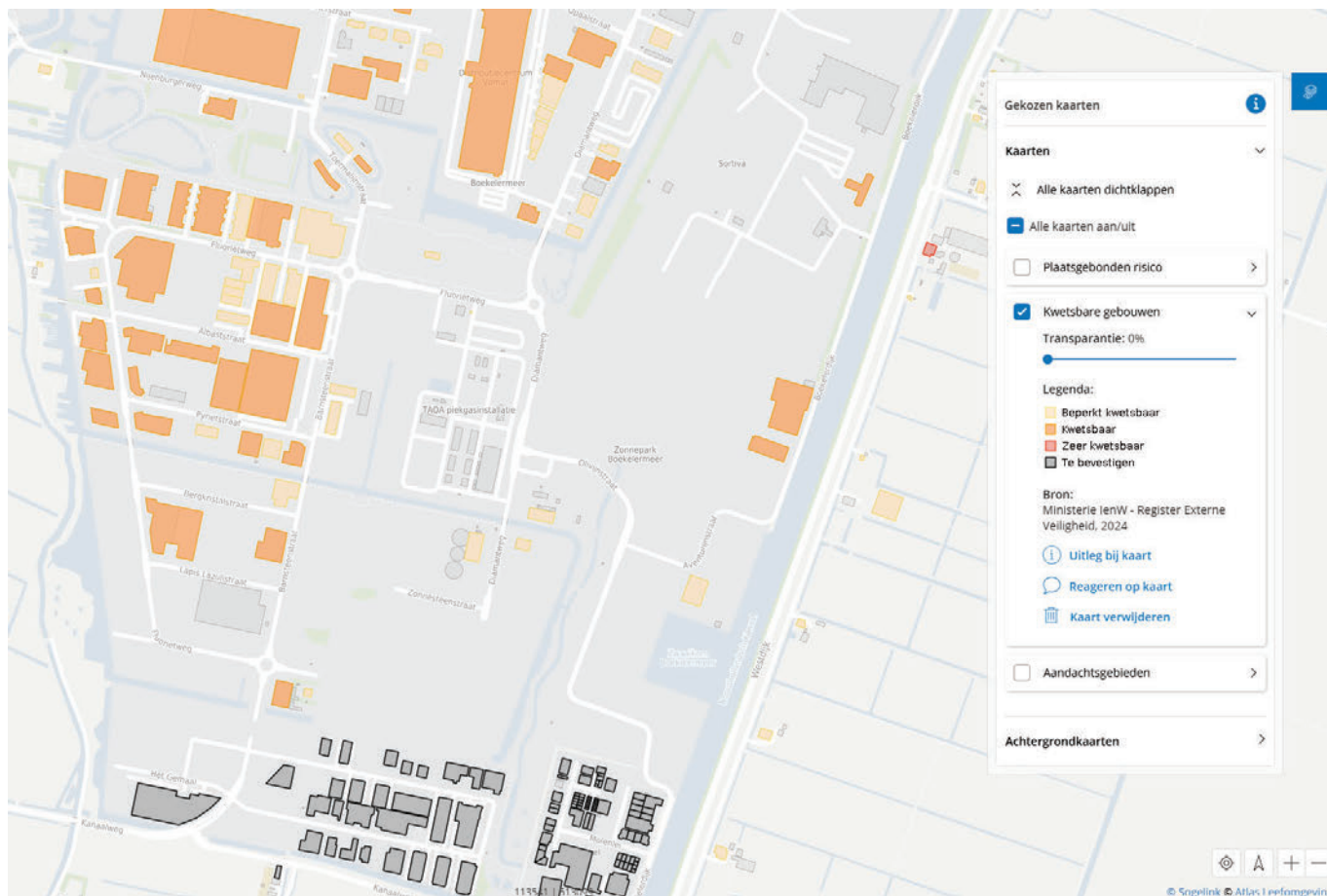
Figuur C-1: Locatie Kavels Omgeving BKM [10]

De personendichtheid zoals gehanteerd in de QRA zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Noot: de personendichtheid van de kavels V48 en V48A is op 0 gesteld omdat deze kavels deel uit maken van de TAOA inrichting.

Appendix D LOCATIES VAN KWETSBARE GEBOUWEN EN LOCATIES

De locaties van kwetsbare gebouwen en locaties in de omgeving van BKM [16] zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur D-1: kwetsbare gebouwen en locaties in de omgeving van BKM [16]

RISKTEC OFFICES

RISKTEC SOLUTIONS B.V.

Seven Cities
Lange Kleiweg 52C
2288 GK Rijswijk
The Netherlands

PRINCIPAL OFFICE

Risktec Solutions Ltd
Wilderspool Park
Greenall's Avenue
Warrington
WA4 6HL
United Kingdom
Tel +44 (0) 1925 611 200
enquiries@risktec.tuv.com

EUROPE

Aberdeen
Bristol
Derby
Edinburgh
Glasgow
London
Rijswijk

MIDDLE EAST

Dubai
Muscat

SOUTH EAST ASIA

Kuala Lumpur
Singapore

NORTH AMERICA

Calgary
Houston

TÜV RHEINLAND HEADQUARTERS

TÜV Rheinland Group
Industrial Services
Am Grauen Stein
51105 Cologne, Germany
tuv.com

risktec.tuv.com



TÜVRheinland®
Risktec