

Opdrachtgever: **Philips Applied Technologies**
Project: **QRA High Tech Campus Eindhoven**

Ordernummer: 40212.00
Documentnummer: 3312273
Revisie: G

Auteur: M.J.M. Courage
Telefoon: 040 265 21 06
Telefax: 040 265 22 00
E-mail: m.courage@tebodin.nl

Datum: 3 juli 2009

**Kwantitatieve risicoanalyse High Tech Campus
Eindhoven (HTCE)
Actuele situatie**

© Copyright Tebodin

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

G	22-07-2009	Tekstuele aanpassingen	I. Aerts	M.J.M. Courage
F	11-07-2009	Niet beschouwen van PGS 15 < 10 ton	M.J.M.Courage	P.Stufkens
E	03-07-2009	Tekstuele aanpassing op ver zoek van HTC	M.J.M.Courage	P.Stufkens
D	22-06-2009	Tekstuele aanpassing inleiding op verzoek van HTC	M.J.M.Courage	P.Stufkens
C	04-06-2009	Verwerking opmerkingen HTC naar aanleiding rev B	M.J.M.Courage	P.Stufkens
B	14-05-2009	Concept update 2009 incl. omzetting van ordernummer van 36421-00-3812001 naar 40212.00-3312273	M.J.M.Courage	P.Stufkens
A	11-01-2007		T. Weijers	
0	21-09-2006	Kwantitatieve risicoanalyse HTC	T. Weijers	D. Brandon
Wijz.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

	Inhoudsopgave	Pagina
1	Inleiding	5
2	Beschrijving inrichting	6
2.1	Algemene informatie inrichting	6
2.2	Beschrijving installaties en activiteiten	6
3	Subselectie van gebouwen en activiteiten ten behoeve van de QRA	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Beschrijving van de aard van het schade-effect en selectiewijze	7
3.3	Selectie gebouwen & activiteiten voor selectie effectberekeningen	8
3.4	Selectie voor het uitvoeren van effectberekeningen	11
3.5	Berekening van de schade-effecten	19
3.6	Conclusie subselectie	29
4	Modellering loss of containment scenario's	30
4.1	Uitgangspunten	30
4.2	Te beschouwen LOC-scenario's	31
4.3	Uitwerking scenario's	32
5	Uitgangspunten bij de modellering	35
5.1	Weersgegevens	35
5.2	Ruwheidslengte van de ondergrond	35
5.3	Populatiegegevens	35
5.4	Directe ontsteking	37
5.5	Overzicht locatie bronnen	39
5.6	Probit-functie	39
6	Risicoberekeningen	40
6.1	Plaatsgebonden risico	40
6.2	Groepsrisico	41
7	Toetsing aan de risicocriteria	42
8	Conclusie	43
8.1	Plaatsgebonden risico	43
8.2	Groepsrisico	43
	Referenties	44
Bijlage 1:	Scenario's gascilinders HTC 2 (WAU)	45
Bijlage 2:	Bepaling LC₀₁ afstanden gascilinders HTC 2 (WAU)	50
Bijlage 3:	Modelleringsaspecten - probits & stoffen	51

Bijlage 4:	Modelleringen locaties bronnen QRA	52
Bijlage 5:	Lay-out	53
Bijlage 6:	Interventiewaarden	54
Bijlage 7:	Grens- en richtwaarden voor het PR uit het BEVI	55

1 Inleiding

Dit rapport betreft de kwantitatieve risicoanalyse (QRA) van High Tech Campus Eindhoven van de actuele situatie d.d. 2009. Aanleiding voor een actualisatie van de bestaande QRA d.d. 2006 betreft aansluiting op de huidige rekenmethodiek conform de Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen (REVI, Handleiding risicoberekeningen BEVI, d.d. 1 juli 2009) ten behoeve van het opstellen van een nieuw bestemmingsplan.

Dit rapport bevat een kwalitatieve selectie van installaties en activiteiten waarbij mogelijke schade-effecten in de omgeving van de campus en op de campus zelf kunnen optreden. Hiertoe zijn de schade-effecten van de geselecteerde gebouwen en activiteiten gekwantificeerd. Op basis van de berekende 1% letaliteitsafstanden is een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd aan de hand van ongevalsscenario's zoals vastgesteld in de Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HARI) [1].

Het doel van de QRA is het vaststellen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico van de risicodragende activiteiten. De uitkomsten van de in dit rapport beschreven uitvoering van de QRA worden dan ook beschouwd in het licht van de wetgeving op het vlak van externe veiligheid. De QRA is uitgevoerd met het softwareprogramma Safeti-NL 6.54.

Dit rapport beschrijft de uitgevoerde kwantitatieve risicoanalyse en is als volgt opgebouwd:

- Beschrijving van de inrichting en activiteiten;
- Subselectie van gebouwen en activiteiten ten behoeve van de QRA;
- Inventarisatie en uitwerking van de te beschouwen scenario's;
- Toelichting op de modellering (omgevingsfactoren);
- Resultaten van de risicoberekeningen;
- Toetsing risicocriteria;
- Conclusie.

In dit rapport zijn in principe alle gebouwen op de High Tech Campus Eindhoven beschouwd. De uitkomsten van de risicoanalyse zijn onder andere van belang voor toekomstige ontwikkelingen.

Het rapport bestaat uit twee delen. Allereerst is een selectie gemaakt van de risicovolle gebouwen en activiteiten welke moeten worden beschouwd in de risicoberekening. Hierbij is aangegeven van welke gebouwen en activiteiten de effecten dienen te worden gekwantificeerd. Vervolgens zijn berekeningen van de effectafstanden uitgevoerd.

In de tweede plaats is op grond van de activiteiten en gebouwen waarvoor relevante effectafstanden zijn berekend een risicoberekening uitgevoerd. Het resultaat wordt gevormd door het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR).

2 Beschrijving inrichting

2.1 Algemene informatie inrichting

Naam	: High Tech Campus Eindhoven
Opdrachtgever	: Philips Applied Technologies
Adres	: High Tech Campus 5, 5656 AE EINDHOVEN
Contactpersonen	: Dhr. A. Ouwerkerk & Dhr. T. Lommen

2.2 Beschrijving installaties en activiteiten

De High Tech Campus Eindhoven is een technologiecentrum dat een grote verscheidenheid van hightech bedrijven herbergt die samenwerken bij de ontwikkeling van nieuwe technologieën, van idee en concept tot prototyping en kleinschalige productie. De campus biedt moderne voorzieningen voor vele duizenden technici en richt zich voornamelijk op cruciale technologische gebieden zoals microsystemen, halfgeleiderproducten, embedded systems, signaalverwerking, nanotechnologie en biomedische activiteiten.

Technologisch ontwikkelde ondernemingen, zoals Philips Research, Philips Applied Technologies, TNO/IMEC, Atos Origin, FluXXion, Cytocentrics, NXP, Handshake Solutions en Dalsa, zijn hier gevestigd. Onder het thema 'open innovatie' wordt technologische doorbraak bevorderd door de nadruk te leggen op het gemeenschappelijk gebruik van apparatuur, diensten en kennis. Dankzij toegang tot voorzieningen zoals prototyping, stofvrije ruimtes en het analyseren en testen van materialen, kunnen bedrijven de ontwikkeling van nieuwe ideeën versnellen.

De High Tech Campus Eindhoven is opgezet als een plaats waar interactie en teamwork wordt gestimuleerd. Dit komt tot uiting in b.v. de architectuur, de campussport en de gezamenlijke seminars/conferenties die in 'The Strip' worden gehouden. Dit langwerpige gebouw vormt het hart van de Campus en herbergt alle gemeenschappelijke voorzieningen, zoals het Conferentiecentrum en diverse restaurants. In Bijlage 5 is een plattegrond weergegeven van de locatie.

3 Subselectie van gebouwen en activiteiten ten behoeve van de QRA

3.1 Inleiding

Het doel van dit hoofdstuk is om de gebouwen en activiteiten te selecteren welke zullen worden beschouwd in de QRA. Om tot deze selectie te komen zijn een drietal stappen doorlopen:

1. Per gebouw dat op de HTCE aanwezig is en per activiteit die op de HTCE plaatsvindt, wordt op grond van de aanwezige stoffen kwalitatief nagegaan wat de aard van het schade-effect is. Op basis van dit kwalitatieve risico wordt vastgesteld of een gebouw of een activiteit nader beschouwd dient te worden;
2. Indien een gebouw nader beschouwd dient te worden, wordt op grond van de aanwezige stoffen nagegaan of deze aanleiding kunnen geven tot externe effecten. Indien nodig wordt hiertoe een effectberekening uitgevoerd.
3. Indien uit de effectberekeningen blijkt dat een gebouw of activiteit een effectafstand van 1% letaliteit (LC_{01}) op maaiveldniveau genereert buiten het gebouw, wordt dit gebouw of deze activiteit meegenomen in de QRA.

3.2 Beschrijving van de aard van het schade-effect en selectiewijze

In deze paragraaf is per gebouw de aard van het schade-effect weergegeven. Bij de aard van het risico gaat het om mogelijke schade-effecten voor de omgeving van de inrichting. De gehanteerde mogelijke schade-effecten¹, die relevant voor de externe veiligheid zijn:

- Toxische wolk, (toxisch gas/vloeistof);
- BLEVE;
- Explosie;
- Brand (plasbrand, fakkelbrand, wolkbrand) (ontvlambare vloeistof, brandbaar gas);
- Grote brand (PGS 15 opslag met aanwezigheid van ontvlambare/brandbare stoffen) met toxische verbrandingsproducten;

Na de bepaling van de aard van het schade-effect is aangegeven of verdere beschouwing noodzakelijk is. Het vaststellen of verdere beschouwing noodzakelijk is, wordt gedaan op basis van de hoeveelheid gevaarlijke stof, de (opslag)omstandigheden en de aard van het risico; wanneer de gebruikte stoffen niet voorkomen op de BRZO-lijst (Besluit risico zware ongevallen 1999) of niet worden ingedeeld in de stofcategorieën genoemd in BRZO'99 Bijlage 2 zijn geen risico's voor de externe veiligheid te verwachten.

¹ Opmerking: Bovenstaande effecten zijn relevant voor de externe veiligheid. Andere schade-effecten (bijvoorbeeld veroorzaakt door corrosieve stoffen of milieugevaarlijke stoffen) zijn in het kader van de externe veiligheid niet beschouwd. Schade-effecten van bijtende of corrosieve stoffen zijn in het kader van arbeidsveiligheid wel relevant, terwijl vanuit het milieuaspect het vrijkomen van milieugevaarlijke stoffen van belang is. In deze risicoanalyse wordt slechts naar de externe veiligheidsaspecten gekeken.

3.3 Selectie gebouwen & activiteiten voor selectie effectberekeningen

De twee volgende tabellen bevatten de eerste risico-inventarisatie. Hierbij wordt vastgesteld of een gebouw of activiteit nader beschouwd dient te worden in de subselectie. De eerste tabel gaat in op de gebouwen; de tweede op de activiteiten. De gebouwen zijn aangeduid op de plattegrond in Bijlage 5.

Tabel 1 Aard van schade-effect per gebouw

Gebouw	Aard effect	Verdere beschouwing in selectie effectberekeningen noodzakelijk?
HTC 9 (voorheen Beta)	n.v.t.	Nee, Datacentrum (gasblusinstallatie) en kantoren/labzalen
HTC 48 (voorheen WA)	Brand, BLEVE, explosie, toxische wolk	Ja, HTC 48 bevat een aantal kasten met brandbare en toxische gassen
HTC 38 (voorheen WAA)	n.v.t.	Nee, het betreft een datacentrum
HTC 12a (voorheen WAD)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 4 (WAG voorheen)	Brand, toxische wolk, explosie, BLEVE	Ja, HTC 4 bevat verschillende kasten met brandbare en toxische stoffen. Verder zijn er gasflessen aanwezig met WMS stoffen (waterstof (licht ontvlambaar), ammoniak (toxisch).
HTC 67 (voorheen WAH)	n.v.t.	Nee, gesloopt
HTC 12 (voorheen WAM)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 2 (voorheen WAU)	Grote brand met toxische verbrandingsproducten	Ja, WAU bevat meerdere PGS 15 compartimenten, waarin WMS stoffen worden opgeslagen.
HTC 5 (voorheen WAY)	n.v.t.	Nee, kantoren en software meetlaboratoria (2 flessen stikstof aanwezig)
HTC 47a (voorheen WAZ)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 34 (voorheen WB)	Brand, explosie, BLEVE	Ja, naast kantoren zijn op kleine schaal fysische, elektronische en biologische laboratoria en cleanrooms, enkele gasflessen met waterstof en chemicaliën opslagkasten aanwezig.
HTC 11 (voorheen WBC) 'LSF, Material Analysis, Fluxxion'	Toxische wolk, brand	Ja, er bevinden zich biologische, radiologische en synthese laboratoria. Er zijn chemicaliënkasten aanwezig met brandbare en toxische stoffen. Verder zijn er gasflessen aanwezig met toxische gassen.
HTC 11 (voorheen WBD)	Brand, toxische wolk, explosie,	Ja, er zijn gasflessen met brandgevaarlijke gassen. Verder zijn er chemicaliënkasten aanwezig.

Gebouw	Aard effect	Verdere beschouwing in selectie effectberekeningen noodzakelijk?
'Miplaza'	BLEVE	
HTC 3 (voorheen WBG buiten)	Brand, explosie, BLEVE en giftige wolk	Ja, naast het gebouw worden trailers waterstof opgeslagen. Er worden hier ook argon (3.000 l), stikstof (10.000 l) en zuurstof (5.900 l) opgeslagen. Deze laatste zijn niet nader beschouwd omdat een enkele tank geen 10^{-6} contour heeft (info:email RIVM 13 september 2006). Verlading in bulk van zwavelzuur en zoutzuur welke kunnen uitdampen en een giftige wolk veroorzaken.
HTC 3 (voorheen WBG binnen)	Brand en giftige wolk	Ja, binnen worden onder andere brandstof (diesel voor noodstroomgeneratoren), zwavelzuur, zoutzuur en natronloog in bulk opgeslagen welke bij uitdamping een giftige wolk kunnen veroorzaken (HCl en zwavelzuur) .
HTC 33 (voorheen WD)	n.v.t.	Nee, leeg pand.
HTC 46-45 (voorheen WDA- WDB)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren en informatie technologische laboratoria. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 31 (voorheen WDC)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren en informatie technologische laboratoria. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 60 (voorheen WDE)	n.v.t.	Nee, het betreft een kennis bestuurscentrum. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 18 (voorheen WEA)	n.v.t.	Nee, het betreft een kinderdagverblijf
HTC 8 (voorheen WEB)	n.v.t.	Nee, het betreft een sportcentrum
HTC 51-52 (voorheen WEC- WED)	n.v.t.	Nee, ATOS Origin is een informatietechnologie bedrijf. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
P2-P3-P4 west-P4 oost P0- P5-P6. (voorheen WDF- WDG-WEG-WDH- WDW-WDM- WEM)	n.v.t.	Nee, het betreffen parkeergebouwen. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 41-32 (voorheen WDN- WDO)	n.v.t.	Nee, er vindt ontwikkeling van elektronische systemen plaats. Het gaat om kantoren en laboratoria (elektronisch). Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 47 (voorheen WDR)	n.v.t.	Nee, WDR is nog niet gerealiseerd. De mogelijke toekomstige functies zijn kantoren en een opleidingsinstituut.
HTC 26	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren en testruimtes (elektronisch). Er zijn geen relevante stoffen

Gebouw	Aard effect	Verdere beschouwing in selectie effectberekeningen noodzakelijk?
(voorheen WDV)		aanwezig.
HTC 7 (voorheen WDX 'APPTECH')	Brand, toxische wolk, explosie, BLEVE	Ja, in WDX zijn brandbare en toxische stoffen aanwezig. Daarnaast worden gasflessen met WMS stoffen ((acetyleen (licht ontvlambaar) fluor in neon (toxisch)), opgeslagen.
HTC 42 (voorheen WEN)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 43 (voorheen WEO)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 44 (voorheen WEP)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 27 (voorheen WL)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren en elektronische werkplaatsen/meetruimtes. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 36 (voorheen WO)	n.v.t.	Nee, WO bevat kantoren en audio visuele laboratoria. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 1a-e	n.v.t.	Nee, het betreft restaurants, winkels, indoorsportcentra en kantoren. Er zijn geen relevante stoffen aanwezig.
HTC 37 (voorheen WY)	n.v.t.	Nee, het betreft fysische/elektronische laboratoria.
HTC 29 (voorheen WZ)	Brand, toxische wolk, explosie, BLEVE	Ja, het gebouw bevat enkele kasten met brandbare en toxische stoffen. Verder zijn er gasflessen aanwezig met WMS stoffen. WZ bevat kantoren, clean room, fysische, chemische, elektronische en mechanische werkplaatsen/laboratoria.
HTC 69 (voorheen WER nieuw)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 68 (voorheen WES nieuw)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 83 (voorheen WET nieuw)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.
HTC 84 (voorheen WEU nieuw)	n.v.t.	Nee, het gaat om kantoren.

Tabel 2 Aard van de schade-effecten t.a.v. activiteiten

Activiteit	Aard effect	Verdere beschouwing selectie effectberekeningen noodzakelijk?
Proces-activiteiten	Brand, explosie, toxische wolk	Nee, de procesinstallaties (met aangesloten gascilinders) vormen een gesloten systeem. De leidingen naar de apparatuur zijn gelast, er bevinden zich geen flensverbindingen. Ten behoeve van de processen is een zeer geringe gasflow nodig waardoor er in de apparatuur ook een geringe hoeveelheid stof aanwezig is. De inhoud van de systemen is te klein om externe risico's te veroorzaken. De apparatuur is voorzien van flowswitches welke bij een te grote volumestroom de processen stoppen en de gasflessen afsluiten. Daarnaast zijn in de gaskasten, de ruimtes waar de gasflessen in opgesteld staan en de ruimtes waar de processen worden uitgevoerd voorzien van een gasdetectiesysteem dat bij zeer lage concentraties alarmeert en waarna door het personeel wordt ingegrepen. Op grond hiervan worden procesactiviteiten niet verder beschouwd in het licht van externe risico's.
Intern transport en overslag van stukgoed verpakkingen	Brand, explosie, toxische wolk	Nee, de valhoogte van de gascilinders en chemicaliën die over het terrein van HTC worden vervoerd is kleiner dan 1,80 meter. Conform de HARI [1] mogen deze scenario's uitgesloten worden. Daarnaast is de rijsnelheid op het terrein beperkt waardoor impact met een loss of containment tot gevolg uitgesloten kan worden. Daarnaast zijn de faalfrequenties voor scenario's met gascilinders voor opslag- en opstelplaatsen – zowel uitpandige als inpandige opslag – inclusief de aan- en afvoer van de gascilinders [1].

3.4 Selectie voor het uitvoeren van effectberekeningen

De aard van het risico van de inrichting wordt in eerste instantie bepaald door de aanwezigheid van een bepaalde stof of stofcategorie. De aard van de schade-effecten is beschreven in de vorige paragraaf. In deze paragraaf worden de gebouwen en activiteiten waarbij verdere beschouwing noodzakelijk is, vastgesteld of een nadere beschouwing in samenhang met een effectberekening moeten worden uitgevoerd.

Of een gebouw of activiteit wordt geselecteerd voor het uitvoeren van effectberekeningen is vooral afhankelijk van de soort en hoeveelheid stof en de wijze waarop de stof of stofcategorie wordt opgeslagen. Ten aanzien hiervan zijn de chemicaliënkasten en de gaskasten van belang.

- **Chemicaliënkasten**

De brandgevaarlijke chemicaliën in de gebouwen worden opgeslagen in chemicaliënkasten. Deze kasten zijn brandwerend (oude kasten 60 minuten brandwerendheid en nieuwe kasten 90 minuten brandwerendheid) en hebben een opvangvoorziening. Deze kasten staan in de gebouwen en zijn voorzien van een afzuigstelsel die via een pijp contact heeft met de buitenlucht (ventilatie). Een chemicaliënkast bevat maximaal 150 kilogram of liter aan chemicaliën. Een chemicaliënkast is circa 1,2 m breed, 0,5 m diep en 2 m hoog. Verder zijn er kasten aanwezig met kleinere afmetingen.

- **Gaskasten**

De gascilinders met brandgevaarlijke of toxische gassen worden binnen de gebouwen in gaskasten geplaatst. In één kast is plaats voor twee gascilinders. De gaskasten hebben een afzuigstelsel, dat via een pijp, contact heeft met de buitenlucht. De kasten bevatten verder een sprinklersysteem. De ventilatie wordt automatisch afgesloten bij een te hoge temperatuur. Een gaskast is circa 1,2 m breed, 0,5 m diep en 2 m

hoog. In één kast wordt slechts één gascilinder met toxisch gas geplaatst. Er worden wel twee gascilinders met brandbaar gas in één kast opgeslagen.

- **Opslag gevaarlijke stoffen in emballage**

Voor de bepaling van mogelijke schade-effecten van opslag van gevaarlijke stoffen in emballage HTC 2 wordt nagegaan of er bij een brand toxische verbrandingsproducten kunnen ontstaan. Toxische verbrandingsproducten kunnen ontstaan wanneer de stoffen de elementen N, S, Cl, Br, of F bevatten en brandbare stoffen in de opslag aanwezig zijn. Deze elementen vormen bij brand NO₂, SO₂, HCl, HBr en HF. Bij de selectie wordt de maximale hoeveelheid genoemd die volgens de vergunning in een ruimte mag worden opgeslagen. Op basis van een inventarisatie uit de praktijk is geconcludeerd of er toxische verbrandingsproducten kunnen ontstaan.

In de onderstaande tabel is de selectie weergegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen chemicaliën (vaste en vloeibare stoffen) en gasflessen of gascilinders (vooral tot vloeistof verdichte gassen). Dit onderscheid is gemaakt aangezien de chemicaliën en gasflessen binnen één gebouw gescheiden worden opgeslagen.

Tabel 3 Selectie geselecteerde gebouwen & activiteiten voor het uitvoeren van een effectberekening

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
HTC 48 (voorheen gebouw WA)			
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Er zijn enkele chemicaliën kasten.	Nee, de stoffen in een chemicaliënkast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terecht komen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC ₀₁ op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
Gasflessen	Brandbaar (o.a. waterstof) en inert (o.a. koolstoftetrafluoride)	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Nee, het betreft hier enkele cilinders met brandbare en inerte gassen welke staan opgesteld in het gebouw ten behoeve van processen ²

² In de handreiking risicoberekeningen wordt aangegeven dat de opgenomen ongevalsscenario's zijn bedoeld voor de (grootschalige) opslag van gascilinders en niet voor enkele losse gascilinders. Om deze reden zijn de losse cilinders met brandbare gassen welke in opstelplaatsen zijn aangekoppeld aan apparatuur niet beschouwd. De toxische gassen zijn wel beschouwd omdat in de vorige QRA [4] is gebleken dat deze een aanzienlijke effectafstand kunnen veroorzaken (met name fosfine).

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
HTC 4 (Gebouw WAG)			
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Per chemicaliënkast max. 150 l/kg.	Nee, de stoffen in een chemicaliënkast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terechtkomen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC ₀₁ op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
Gasflessen	Brandbaar (o.a. waterstof), toxisch (o.a. ammoniak, chloor, zwavel-waterstof)	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Ja, de gasflessen staan in gaskasten voorzien van ventilatie (via pijp). Bij het vrijkomen van een gas zal deze dus middels de ventilatie in de omgeving terechtkomen. De berekeningen zullen worden uitgevoerd voor toxische gassen, voor de brandbare gassen is het niet noodzakelijk om een effectberekening uit te voeren ³ .
HTC 2 (voorheen gebouw WAU)			
Ruimte 2	Gassen (toxisch en brandbaar)	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Ja, het betreft hier de centrale opslag van gascilinders.
Ruimte 3	Calamiteiten opslag Corrosief en irriterend (zwavelzuur)	Max. 3.000 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 4	Lab chemicaliën	Max. 2500 kg (in verpakking < 5 l)	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 5/6	Expeditie WMS stoffen, (corrosief, irriterend)	Minder dan 10.000 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1]. Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].

³ In de handreiking risicoberekeningen wordt aangegeven dat de opgenomen ongevalsscenario's zijn bedoeld voor de (grootschalige) opslag van gascilinders en niet voor enkele losse gascilinders. Om deze reden zijn de losse cilinders met brandbare gassen welke in opstelplaatsen zijn aangekoppeld aan apparatuur niet beschouwd. De toxische gassen zijn wel beschouwd omdat in de vorige QRA [4] is gebleken dat deze een aanzienlijke effectafstand kunnen veroorzaken (met name fosfine).

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
Ruimte 7	Opslag schadelijke stoffen Elektronica hok	5.000 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 8	Apotheek Lab chemicaliën	Max. 3000 kg (in verpakking < 5 l)	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 9	n.v.t.	-	Nee, kantoorfunctie.
Ruimte 10	n.v.t.	-	Nee, dienstenruimte
Ruimte 11	n.v.t.	-	Nee, toilet
Ruimte 12	n.v.t.	-	Nee, dienstenruimte
Ruimte 13	n.v.t.	-	Nee, kantoorfunctie.
Ruimte 14	Corrosief en irriterend	Max. 3.300 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 15	Opslag brandbare vloeï/vaste stoffen (opslag van afval)	Max. 3.300 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 16	Schadelijke en toxische (vloeï)stoffen en emulsie	Max. 3.300 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 17	Lab chemicaliën (afval)	Max. 3.000 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 18	Lab chemicaliën (afval) Sorteer ruimte, met werkvoorraad	Max. 3.000 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 19	Corrosief en irriterend	Max. 2.500 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 20	Lab chemicaliën (in koelcellen ⁴)	Max. 2.500 kg	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].

⁴ Het koelmiddel in dat in de koelcellen wordt gebruikt betreft R404A (resp 1,54 kg en 2,91 kg), het koelmiddel dat in de koelkasten wordt gebruikt betreft R12 (2 maal 0,430 kg). Deze zijn niet relevant voor de externe veiligheid (email RIVM 09 januari 2007).

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
Ruimte 21	(licht) ontvlambaar (overtapruimte)	Max. 6.400 l (koolwaterstoffen)	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 22	(licht) ontvlambaar	Max. 6.400 l (koolwaterstoffen)	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
Ruimte 23/24	Lab chemicaliën	Max. 9.000 kg (in verpakking < 5 l)	Nee, een opslagplaats kan weggelaten worden uit de QRA wanneer gevaarlijke stoffen in hoeveelheden kleiner dan 10 ton en bestrijdingsmiddelen in hoeveelheden kleiner dan 400 kg worden opgeslagen [1].
HTC 34 (voorheen gebouw WB)			
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Er zijn enkele chemicaliën kasten.	Nee, de stoffen in een chemicaliënkast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terecht komen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC ₀₁ op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
Gasflessen	Brandbaar (o.a. waterstof)	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Nee, het betreft hier enkele cilinders met brandbare en inerte gassen welke staan opgesteld in het gebouw ten behoeve van processen ²
HTC 11 (voorheen WBC) 'LSF, Material Analysis, Fluxion'			
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Er zijn chemicaliënkasten.	Nee, de stoffen in een chemicaliënkast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terecht komen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC ₀₁ op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
Gasflessen	Brandbaar, toxisch	Gasfles van max. 50 l. (waterinhoud) per fles	Ja, de gasflessen staan in gaskasten voorzien van ventilatie (via pijp). Bij het vrijkomen van een gas zal deze dus in de omgeving terecht komen. De berekeningen zullen worden uitgevoerd voor toxische gassen, voor de brandbare gassen is het niet

⁵ In de handreiking risicoberekeningen wordt aangegeven dat de opgenomen ongevalsscenario's zijn bedoeld voor de (grootschalige) opslag van gascilinders en niet voor enkele losse gascilinders. Om deze reden zijn de losse cilinders met brandbare gassen welke in opstelplaatsen zijn

Kwantitatieve risicoanalyse High Tech Campus Eindhoven (HTCE) Actuele situatie

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
			noodzakelijk om een effectberekening uit te voeren ⁵ .
HTC 11a (voorheen WBD) 'Miplaza'			
Gasflessen	Brandbaar	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Nee, voor de brandbare gassen in opstelplaatsen is het niet noodzakelijk om een effectberekening uit te voeren ⁶ .
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Er zijn circa 15 chemicaliën kasten.	Nee, de stoffen in een chemicaliën kast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terecht komen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening ⁷ met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC01 op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
HTC 3 (voorheen gebouw WBG)			
Binnen in aparte ruimtes	Zwavelzuur (50%), zoutzuur (30%) en natronloog (30%)	Alle drie 10.000 kg	Nee, Voor NaOH en Salpeterzuur. De stoffen (corrosief) zijn niet relevant voor externe veiligheid. De stoffen staan in een aparte ruimte. Bij het vrijkomen van de vloeistof zijn er in de ruimte zelf schade-effecten mogelijk. In de ruimte zijn geen brandbare stoffen aanwezig conform de [1] is het risico voor de omgeving (externe veiligheid) te verwaarlozen en is een naderbeschouwing niet vereist. Ja, voor HCl dient gezien de mogelijke uitdamping van een plas nader onderbouwd te worden dat de effecten zich beperken tot het inwendige van het gebouw.
	Natronhexa methafosfaat	Tank ca. 1 m ³	Nee, vaste stof welke niet brandbaar is of kan leiden tot toxische verbrandingsproducten.

aangekoppeld zijn aan apparatuur. De toxische gassen zijn wel beschouwd omdat in de vorige QRA [4] is gebleken dat deze een aanzienlijke effectafstand kunnen veroorzaken (met name fosfine).

⁶ In de handreiking risicoberekeningen wordt aangegeven dat de opgenomen ongevalsscenario's zijn bedoeld voor de (grootschalige) opslag van gascilinders en niet voor enkele losse gascilinders. Om deze reden zijn de losse cilinders met brandbare gassen welke in opstelplaatsen zijn aangekoppeld zijn aan apparatuur. De toxische gassen zijn wel beschouwd omdat in de vorige QRA [4] is gebleken dat deze een aanzienlijke effectafstand kunnen veroorzaken (met name fosfine).

⁷ Bij de berekening is uitgegaan van 5 kg acrylonitril (representatieve toxische vloeistof) die instantaan vrijkomt in een lekbak in de chemiekast. Aangenomen wordt dat de verdampende vloeistof op 5 meter hoogte verticaal uitstroomt. De LC01 wordt op maaiveldniveau niet bereikt.

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
	Diesel	Brandstof 9.000 liter	Nee, de brandstof bevindt zich binnen. Bij brand is geen vorming van toxische verbrandingsproducten voorzien. Brand zal in eerste instantie alleen in de ruimte gevolgen hebben. Deze is brandwerend uitgevoerd met een WDBDO van 60 minuten. Het risico voor de omgeving (externe veiligheid) is hierbij te verwaarlozen, daar het een Klasse 3 vloeistof betreft waarvan de ontstekingskans 0 bedraagt [1].
Buiten	Trailers waterstof	Twee trailers van maximaal: 1. 18.083 liter, 150 barg, 12 elementen, 18,76 kg per element 2. 13.500 liter, 150 barg, 9 elementen, 20 kg per element. kg.	Ja, op basis van eerdere QRA's [3, 4].
	Zwavelzuur (50%), zoutzuur (30%) en natronloog (30%)	Tankwagen ca. 25 ton.	Nee, Voor NaOH en Zwavelzuur. De stoffen (corrosief) zijn niet relevant voor externe veiligheid. Ja, voor HCl dient gezien de mogelijke uitdamping van een plas een nadere onderbouwing middels een effectberekening uitgevoerd te worden.
HTC 7 (voorheen gebouw WDX)			
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Totaal in gebouw ca. 5.000 kg/l onderverdeeld in chemiekasten.	Nee, de stoffen in een chemicaliënkast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terechtkomen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening ⁸ met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC ₀₁ op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
Gasflessen	Brandbaar, toxisch	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Ja, de gasflessen staan in gaskasten voorzien van ventilatie (via pijp). Bij het vrijkomen van een gas zal deze dus in de omgeving terechtkomen. De berekeningen zullen worden uitgevoerd voor toxische gassen, voor de brandbare gassen is het niet noodzakelijk om een effectberekening uit te voeren ⁹ .

⁸ Bij de berekening is uitgegaan van 5 kg acrylonitril (representatieve toxische vloeistof) die instantaan vrijkomt in een lekbak in de chemiekast. Aangenomen wordt dat de verdampte vloeistof op 5 meter hoogte verticaal uitstroomt (gebouw). De LC₀₁ wordt op maaiveldniveau niet bereikt.

⁹ In de handreiking risicoberekeningen wordt aangegeven dat de opgenomen ongevalsscenario's zijn bedoeld voor de (grootschalige) opslag van gascilinders en niet voor enkele losse gascilinders. Om deze reden zijn de losse cilinders met brandbare gassen welke in opstelplaatsen zijn aangekoppeld aan apparatuur niet beschouwd. De toxische gassen zijn wel beschouwd omdat in de vorige QRA [4] is gebleken dat deze een aanzienlijke effectafstand kunnen veroorzaken (met name fosfine).

Object	Stofcategorie	Inhoud	Nader beschouwen met een effectberekening?
HTC 29 (voorheen WZ)			
Chemicaliën	Brandbaar, toxisch	Er zijn circa 10 chemicaliënkasten.	Nee, de stoffen in een chemicaliënkast zijn vloeibaar of vast. Bij het vrijkomen van een stof kan deze indirect via verdamping (bij vloeistof) of via kleine deeltjes (bij vaste stof) middels de ventilatie in de omgeving terechtkomen. Het externe risico (zowel kans als effect) wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een berekening Error! Bookmark not defined. met het falen van 5 l acrylonitril (toxische vloeistof) in een chemiekast toont aan dat er geen LC ₀₁ op 1 meter boven maaiveld wordt bereikt.
Gasflessen	Brandbaar, toxisch	Gasflessen (onder druk) maximaal 50 liter (waterinhoud) per fles	Ja, de gasflessen staan in gaskasten voorzien van ventilatie (via pijp). Bij het vrijkomen van een gas zal deze dus in de omgeving terechtkomen. De berekeningen zullen worden uitgevoerd voor toxische gassen, voor de brandbare gassen is het niet noodzakelijk om een effectberekening uit te voeren ⁶ .

De in de bovenstaande tabel geselecteerde insluitsystemen voor een nadere beschouwing middels een effectberekening zijn verder uitgewerkt in de hierop volgende paragraaf, waarin vastgesteld wordt of de LC₀₁ effectafstand een bijdrage levert in het kader van externe veiligheid.

3.5 Berekening van de schade-effecten

Op basis van de tabellen uit de vorige paragraaf zijn voor de relevante scenario's de effectafstanden berekend. De berekening van de effectafstanden heeft plaatsgevonden met het softwarepakket Safeti-NL versie 6.54. De ongevalsscenario's die zijn gehanteerd zijn overgenomen uit de HARI [1].

De berekende afstand per scenario is gedefinieerd als de afstand tot waar letsel mogelijk is met 1% kans op letaliteit (LC_{01}). Deze afstand wordt als volgt bepaald:

- Drukeffecten (explosie): afstand tot waar een 0,1 bar overdruk wordt bereikt;
- Warmtestraling (brand): afstand tot waar een warmtestraling van $9,8 \text{ kW/m}^2$ wordt bereikt;
- Toxische stof: afstand tot waar de LC_{01} wordt bereikt;
- Brandbare gaswolk: afstand tot waar LEL-concentratie wordt bereikt;
- BLEVE: radius van de vuurbal;
- Fakkels: afstand tot waar een warmtestraling van 35 kW/m^2 wordt bereikt

In de navolgende paragrafen wordt eerst ingegaan op de gascilinders van HTC 4 (WAG), 7 (WDX), 29 (WZ), 11 en HTC 2 ruimte 2. Vervolgens worden de zoutzuuropslag HTC 3, de waterstoftrailers en zoutzuur verlading bij HTC 3 nader beschouwd.

3.5.1 Gascilinders

3.5.1.1 Uitgangspunten

Voor de berekening van de effectafstanden in de gebouwen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de effectberekening in de ruimtes (exclusief de opslag in HTC 2) wordt uitgegaan van de meest toxische stof die aanwezig is. HTC 2 (WAU) wordt in de QRA meegenomen volgens de gasflessenrichtlijn zoals opgenomen in de HARI [1].
- Voor HTC 2 (WAU) is een inventarisatie uitgevoerd op basis van de stoffenlijst met een extrapolatie naar het maximaal aantal cilinders dat aanwezig mag zijn in de opslag conform de Wm-vergunning d.d. 30 juli 2008.

De aantallen en hoeveelheden staan in onderstaande tabel. Alleen toxische stoffen zijn beschouwd¹⁰.

Tabel 4 Aantallen en hoeveelheden

Object	Gascilinder	Aantal	Hoeveelheid (emissiehoogte)
HTC 2 (WAU)	Diversen zie bijlage 1	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1
HTC 7 (WDX) gaskasten	neon/fluor 95/5% [*]	1	50 l per cilinder (15 m hoogte)
HTC 4 (WAG) gaskasten	Ammoniak [*]	2	50 l per cilinder (30 m hoogte)
	Ammoniak	5	10 l per cilinder (30 m hoogte)
	Boriumtrichloride	3 en 1	0,47 l (3 stuks) en 1 x 10 l per cilinder (30 m hoogte)
	Dichloorsilaan	3	10 l per cilinder (30 m hoogte)
	Chloor [*]	1, 1 en 1	10 l, 3 l en 0,47 per cilinder (30 m hoogte)

¹⁰ Dit betekent dat stoffen die verstikking kunnen veroorzaken, brandbevorderend en brandbaar zijn of stoffen die met waterdamp reageren niet zijn meegenomen (o.a. stikstof, zuurstof en zwavelhexafluoride, siliciumtetrachloride).

Object	Gascilinder	Aantal	Hoeveelheid (emissiehoogte)
	Helium + Fluor 95/5%	1	10 l per cilinder (30 m hoogte)
	Waterstof + fosfine 15%	2	50 l (30 m hoogte)
	1% fosfine in silaan	1	50 l (30 m hoogte)
	Argon fosfine 1%	1	50 l per cilinder (30 m hoogte)
	Waterstofchloride	1	0,47 liter per cilinder (30 m hoogte)
HTC 11	Argon + 0,2% Fluor*	1	1 l per cilinder (30 m hoogte)
	Ammoniak*	2	0,47 liter per cilinder (30 m hoogte)
HTC 29 (WZ)	Neon/fluor 95/5%*	1 en 1	50 l en 10 l per cilinder (7 m hoogte)
gaskasten	Helium/fluor 95/5%	1	10 liter per cilinder (7 m hoogte)
	Ammoniak*	2	50 liter per cilinder (7 m hoogte)
	Fosfine*	1	10 l per cilinder (30 m hoogte)
	Arsine	2	10 l per cilinder, 2,3 kg, (30 m hoogte)

* Deze stoffen zijn het meest toxisch. Deze stoffen zullen worden beschouwd in de effectberekening voor de betreffende gebouwen¹¹.

3.5.1.2 Bronsterkte scenario's gaskasten

Voor het bepalen van de bronsterkten van de scenario's in de gaskasten wordt aangenomen dat de gassen zich homogeen in de gaskast mengen, zodat de concentratie overal gelijk is. Verder is uitgegaan van instantaan falen en een lekkage uit een gat van 3,3 mm van de gascilinders [1]. Voor de berekening van de initiële bronsterkte van de emissie naar de omgeving geldt voor instantaan falen:

$$\text{Bronsterkte (kg/s)} = \text{vrijgekomen hoeveelheid (kg)} * (\text{ventilatie-debiet (m}^3\text{/s)}/\text{volume ruimte (m}^3\text{)}) \quad (3)$$

Voor een lekkage geldt:

$$C = r/q (1 - \exp(-q*t/V)) \quad (4)$$

waarin:

- C = concentratie in de ruimte (kg/m³);
- r = bronsterkte uit het lek (kg/s);
- q = ventilatie-debiet (m³/s);
- t = tijdsduur van de opmenging (s);
- V = volume van de ruimte (m³).

De vrijgekomen hoeveelheid is afhankelijk van de soort stof in een gaskast. Het gemiddelde ventilatie-debiet (afzuigcapaciteit) van de gaskasten is 100 m³/uur bij een geopende kast en 60 m³/uur bij een gesloten kast. Bij de berekening van de bronsterktes is een ventilatie-debiet van 100 m³/uur (of 0,028 m³/s) gebruikt (conservatief). Het volume van een gaskast is 1,2 m³ (1,2 m x 0,5 m x 2 m). In de onderstaande tabel staan de berekende bronsterktes met de uitstromingsduur (= vrijgekomen hoeveelheid/bronsterkte) weergegeven voor het instantaan falen van cilinders.

¹¹ In overleg met het RIVM email d.d. 13 september 2006. Hierin wordt geadviseerd om alleen van de meest toxische stof per ruimte/gebouw de effectafstand te berekenen

Tabel 5 Bronsterkten voor instantaan falen cilinders in gaskasten

Locatie	Fles	Massa [kg]	Bronsterkte [kg/s]	Duur [s]
HTC 7 (WDX) In gaskast, emissie op 15 meter hoogte	neon/fluor 95/5% 50 liter	0,83 (fluor)	0,019	43,2
HTC 4 (WAG) In gaskast, emissie op 30 meter hoogte	Ammoniak 50 liter	31,2	0,728	43,2
	Chloor 10 liter	14,4	0,336	43,2
HTC 11 (WBC) In gaskast, emissie op 30 meter hoogte	Argon + 0,2% Fluor 1 liter, gemodelleerd als zijnde neon/fluor 95/5% 50 liter	0,83 (fluor)	0,019	43,2
	Ammoniak 50 l	31,2	0,728	43,2
HTC 29 (WZ) In gaskast, emissie op 7 meter hoogte	neon/fluor 95/5% 50 liter	0,83 (fluor)	0,019	43,2
	Ammoniak 50 liter	31,2	0,728	43,2
HTC 29 (WZ) In gaskast, emissie op 30 meter hoogte	Fosfine 10 liter	5	0,116	43,2

In de onderstaande tabel zijn de bronsterkten gegeven voor een lekkage van 3,3 mm.

Tabel 6 Bronsterkten voor lekkage cilinders (3,3 mm) in gaskasten

Locatie	Fles	Bronsterkte lekkage [kg/s]	Tijdsduur opmenging [s]	Gemiddelde concentratie [kg/m ³]	Bronsterkte afblaas [kg/s]
HTC 7 (WDX) emissiehoogte 15 m	neon/fluor 95/5% 50 liter	0,43	1,91	0,67	0,02
HTC 4 (WAG) emissiehoogte 30 m	Ammoniak 50 liter	0,14	222,86	4,97	0,139
	Chloor 10 liter	0,18	80	5,4	0,152
HTC 11 (WBC) emissiehoogte 30 m	Argon + 0,2% Fluor 1 liter, gemodelleerd als zijnde neon/fluor 95/5% 50 liter	0,43	1,91	0,67	0,02
	Ammoniak 50 l	0,14	222,86	4,97	0,139
HTC 29 (WZ) emissiehoogte 7 m	neon/fluor 95/5% 50 liter	0,43	1,91	0,67	0,02
	Ammoniak 50 liter	0,14	222,86	4,97	0,139
HTC 29 (WZ) emissiehoogte 30 m	Fosfine 10 liter	0,32	15,37	3,4	0,09

3.5.1.3 Modellering

Voor de modellering van de scenario's worden de uitgangspunten hieronder beschreven.

Uitstromingsduur

Voor de scenario's wordt een maximale uitstromingsduur van 1800 seconden aangehouden [1].

Conditie

Bij de gascilinders fosfine is een druk van 35 barg toegepast. Chloor en ammoniak zijn als saturated liquid beschouwd. Voor fluor is op basis van het volumepercentage de massa berekend en is een druk van 200 barg aangehouden.

Plaats van uitstroming

De plaats waar de emissie van de vrijgekomen stoffen richting omgeving plaats vindt is afhankelijk van de gebouwen:

- HTC 7 (WDX): Er is aangenomen dat de stoffen op 15 meter hoogte in de omgeving terechtkomen.
- HTC 4 (WAG): De gascilinders in WAG worden opgeslagen in een ruimte die een 30 meter hoge schoorsteen (pijp met ventilatie) heeft. De gassen komen dus op een hoogte van 30 meter vrij.
- HTC 11 (WBC): Er is aangenomen dat de stoffen op 30 meter hoogte in de omgeving terechtkomen.
- HTC 29 (WZ): De 3 eerstgenoemde gassen (neon/fluor 95/5%, helium/fluor 95/5% en ammoniak) komen vrij op een hoogte van 7 meter, de overige gassen op 30 meter hoogte.

Verder is bij het modelleren van de uitstroming van de toxische gassen uit een gaskast een horizontale uitstroming gebruikt. In verband met de verschillende relatief hoge gebouwen op de locatie is daarnaast een parameter (surface roughness) gebruikt die overeenkomt met een omgeving waarin meerdere hoge gebouwen aanwezig zijn. Als waarde voor de surface roughness is 1000 mm aangehouden.

3.5.1.4 Effectafstanden gascilinders

In de onderstaande tabel zijn de effectafstanden voor de gaskasten weergegeven. In Bijlage 2 zijn de effectafstanden weergegeven van de gasopslag in HTC 2 (WAU).

Tabel 7 Effectafstanden tot de LC₀₁ voor gaskasten

Gebouw	Scenario	Effect	Maximale effectafstand (1% letaliteit) [m]
HTC 7 (WDX)	Instantaan falen 1 cilinder neon/fluor 95/5%	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder met neon/fluor 95/5%	Toxische wolk	N.R.
HTC 4 (WAG)	Instantaan falen 1 cilinder ammoniak	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder met ammoniak	Toxische wolk	N.R.
	Instantaan falen 1 cilinder chloor	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder met chloor	Toxische wolk	N.R.
HTC 11 (WBC)	Instantaan falen 1 cilinder argon + 0,2% fluor	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder met argon + 0,2% fluor	Toxische wolk	N.R.
	Instantaan falen 1 cilinder ammoniak	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder ammoniak	Toxische wolk	N.R.
HTC 29 (WZ)	Instantaan falen 1 cilinder neon/fluor 95/5%	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder met neon/fluor 95/5%	Toxische wolk	N.R.
	Instantaan falen 1 cilinder ammoniak	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder ammoniak	Toxische wolk	N.R.
	Instantaan falen 1 cilinder fosfine	Toxische wolk	N.R.
	Lekkage cilinder fosfine	Toxische wolk	N.R.

* N.R. = Relevante dosis wordt niet berekend op 1 meter hoogte

3.5.2 Zoutzuur opslag in HTC 3 (gebouw WBG)

3.5.2.1 Uitgangspunten

In gebouw HTC 3 (WBG) bevindt zich een bulkopslag tank met 30% HCl oplossing. In de onderstaande tabel zijn de eigenschappen weergegeven.

Tabel 8 Overzicht eigenschappen zoutzuur tank

Tank	Temperatuur [°C]	Druk [barg]	Totaal [massa]	Oppervlak bund
HCl tank	9	atm	Ca. 10 ton	15 m ²

3.5.2.2 Modellerings

De bronterm ten gevolge van plasverdamping wordt berekend onder verwaarlozing van warmte-overdracht via de ondergrond, instraling en convectie op basis van de formules 3.141, 3.13, 3.24 en 3.25 uit het Gele Boek:

$$\begin{aligned}
 q_v &= q^2_v \times A \\
 q^2_v &= k_m \times P_v \times m / (R \times T_{ps}) \\
 k_m &= C_m \times m \times u_w^{0.78} \times (2 \times r)^{-0.11} \times Sc^{-0.67} \\
 Sc &= uV/Da \gg 0.8^{12}
 \end{aligned}$$

met

$C_m \times m$	0.004786 (m ^{0.33} /s ^{0.22})
k_m	Massa transfer coefficient (m/s)
P_v	Dampspanning (N/m ²)
r	Straal vloeistofplas (m)
R	Gasconstante (J/(mol K))
Sc	Schmidt getal (-)
T_{ps}	temperatuur vloeistofplas (K)
u_w	windsnelheid (m/s)
m	molecuulgewicht (kg/mol)
uV	viscositeit damp (m ² /s)
Da	Diffusie coëfficiënt damp in lucht (m ² /s)
q^2_v	Bronterm per vierkante meter (kg/s/m ²)
q_v	Bronterm in kg/s

Hierbij is uitgegaan van:

- Een gemiddelde windsnelheid 5 m/s;
- Een cirkelvormige plas;
- Een temperatuur van 292 K;

¹² De waarde van Sc is typisch in de range 1 – 2,5 (Report No HAZMAT 93-3). Gebruik van de waarde

0,8 leidt dus tot een geringe overschatting van de bronterm. Waarden voor uV en Da zijn niet nodig wanneer uitgegaan wordt van $Sc = 0,8$

- De dampspanning van zoutzuur 30% betreft 23 mbar bij 20 °C = 2300 Pa, Bij deze dampspanning bestaat 68% van de damp uit HCl damp.
- Het molecuulgewicht van zoutzuur betreft 0,0365 kg/mol
- Release hoogte 0,01 meter

Voor de verdamping binnen in het gebouw vindt vervolgens nog een extra verdunning plaats van de concentratie zoutzuur damp door de ruimtelijke ventilatie. Vervolgens wordt de zoutzuur damp op hoogte geëmitteerd. De verdunning en afblaas op hoogte wordt in de effectberekening voor de bepaling van de LC₀₁ buiten beschouwing gelaten.

3.5.2.3 Effectafstanden zoutzuurtank

In de onderstaande tabel zijn de effectafstanden voor de zoutzuurtank opgenomen.

Tabel 9 Berekende brontermen ten gevolge van plasverdamping

Scenario	Plas opp. [m ²]	Bronterm Q [kg/s]	Bronterm Q [kg/s] gecorrigeerd 68%	LC ₀₁ Weertype F1.5 [m]	LC ₀₁ Weertype D5 [m]
1. Instantaan falen	15	0,0085	0,0058	Niet bereikt	Niet bereikt
2. Continue uitstroming	15	0,0085	0,0058	Niet bereikt	Niet bereikt
3. Lekkage 10 mm	15	0,0085	0,0058	Niet bereikt	Niet bereikt

3.5.3 Waterstoftrailers buiten bij HTC 3 (gebouw WBG)

3.5.3.1 Uitgangspunten

Nabij gebouw HTC 3 (WBG) bevinden zich 2 trailers met waterstof. In de onderstaande tabel zijn de eigenschappen weergegeven.

Tabel 10 Overzicht eigenschappen waterstof trailers

Trailer	Temperatuur [°C]	Druk [barg]	Totaal volume [liter]	Aantal elementen	Massa per element [kg]	Totale massa [kg]
Trailer 1	9	150	18.083	12	18,76	225
Trailer 2	9	150	13.500	9	20	180

3.5.3.2 Modellering

Voor de bepaling van de druk wordt aangesloten bij de HARI [1] daarnaast heeft d.d. 13 mei 2009 afstemming plaatsgevonden met het RIVM. Hierbij is ingestemd met het modelleren van de waterstoftrailers conform de scenario's die gehanteerd worden in de HARI voor gascilinder pakketten.

3.5.3.3 Effectafstanden waterstoftrailers

In de onderstaande tabel zijn de effectafstanden voor de waterstoftrailers opgenomen.

Tabel 11 Effectafstanden tot de LC₁ /LC₀₁ voor waterstoftrailers

Stof	Scenario	Aantal tubes	Effect	Maximale effectafstand [m]
HTC 3 (WBG) Trailer 1 225 kg 150barg	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud één tube	12	Fireball	21(LC ₁)
	Vrijkomen inhoud overige tubes uit een 10 mm gat	11	Fakkelt	20 (LC ₀₁)
	Vrijkomen van de gehele inhoud binnen 10 min.	Gehele trailer	Fakkelt	16 (LC ₀₁)
	Lekkage (diameter 10 mm)	Gehele trailer	Fakkelt	20 (LC ₀₁)
HTC 3 (WBG) Trailer 2 180 kg 150 barg	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud één tube	9	Fireball	21(LC ₁)
	Vrijkomen inhoud overige tubes uit een 10 mm gat	8	Fakkelt	20 (LC ₀₁)
	Vrijkomen van de gehele inhoud binnen 10 min.	Gehele trailer	Fakkelt	14 (LC ₀₁)
	Lekkage (diameter 10 mm)	Gehele trailer	Fakkelt	20 (LC ₀₁)

3.5.4 Zoutzuur verlading buiten bij HTC 3 (gebouw WBG)

3.5.4.1 Uitgangspunten

Buiten bij gebouw HTC 3 (WBG) vindt bulkoverslag per tankwagen van 30% HCl oplossing plaats. In de onderstaande tabel zijn de eigenschappen weergegeven.

Tabel 12 Overzicht eigenschappen zoutzuur verlading

Tankwagen	Temperatuur [°C]	Druk [barg]	Totaal [massa]	Oppervlak plas afschot.	Tankhead
HCl tankwagen	9	Atm.	Ca. 10 ton	30 m ² door aanwezig	2,5 meter

3.5.4.2 Modellerings

De bronterm ten gevolge van plasverdamping wordt berekend onder verwaarlozing van warmte-overdracht via de ondergrond, instraling en convectie op basis van de formules 3.141, 3.13, 3.24 en 3.25 uit het Gele Boek:

$$\begin{aligned}
 q_v &= q^2_v \times A \\
 q^2_v &= k_m \times P_v \times m / (R \times T_{ps}) \\
 k_m &= C_m \times m \times u_w^{0.78} \times (2 \times r)^{-0.11} \times S_c^{-0.67} \\
 S_c &= u_v / D_a \gg 0.8^{13}
 \end{aligned}$$

met	
$C_m \times m$	0.004786 (m ^{0.33} /s ^{0.22})
k_m	Massa transfer coefficient (m/s)
P_v	Dampspanning (N/m ²)
r	Straal vloeistofplas (m)
R	Gasconstante (J/(mol K))
S_c	Schmidt getal (-)
T_{ps}	temperatuur vloeistofplas (K)
u_w	windsnelheid (m/s)
m	molecuulgewicht (kg/mol)
u_v	viscositeit damp (m ² /s)
D_a	Diffusie coëfficiënt damp in lucht (m ² /s)
q^2_v	Bronterm per vierkante meter (kg/s/m ²)
q_v	Bronterm in kg/s

Hierbij is uitgegaan van:

- Een gemiddelde windsnelheid 5 m/s;
- Een cirkelvormige plas;

¹³ De waarde van S_c is typisch in de range 1 – 2,5 (Report No HAZMAT 93-3). Gebruik van de waarde 0,8 leidt dus tot een geringe overschatting van de bronterm. Waarden voor u_v en D_a zijn niet nodig wanneer uitgegaan wordt van $S_c = 0,8$

- Een temperatuur van 292 K;
- De dampspanning van zoutzuur 30% betreft 23 mbar bij 20 °C = 2300 Pa, Bij deze dampspanning bestaat 68% van de damp uit HCl
- Het molecuulgewicht van zoutzuur betreft 0,0365 kg/mol
- Release hoogte 0,01 meter

3.5.4.3 Effectafstanden zoutzuur verlading

In de onderstaande tabel zijn de effectafstanden voor de zoutzuur verlading opgenomen.

Tabel 13 Berekende brontermen ten gevolge van plasverdamping¹⁴

Scenario	Plas opp. [m ²]	Bronterm Q [kg/s]	Bronterm Q gecorrigeerd 68% [kg/s]	LC ₀₁ Weerstype D1.5 [m]	LC ₀₁ Weerstype D5 [m]
1. Instantaan falen tankwagen	30	0,0164	0,011	Niet bereikt	Niet bereikt
2. Uitstroming grootste aansluiting tankw.	30	0,0164	0,011	Niet bereikt	Niet bereikt
3. Breuk slang werken handafsluiter	30	0,0164	0,011	Niet bereikt	Niet bereikt
4. Breuk slang niet werken handafsluiter	30	0,0164	0,011	Niet bereikt	Niet bereikt
5. Lek slang werken handafsluiter	20 m ² , uitstroom 0,2 m ³ , 1 cm laagdikte	0,0164	0,011	Niet bereikt	Niet bereikt
6. Lek slang niet werken handafsluiter	30	0,0164	0,076	Niet bereikt	Niet bereikt

¹⁴ Verlading vindt enkel plaats overdag, weerstype F1.5 is hiertoe dat 's nachts plaats vindt is hiertoe niet beschouwd. Wel is D1.5 beschouwd.

3.6 Conclusie subselectie

Zoals als blijkt uit de subselectie op basis van de LC_{01} effectafstand dienen de volgende insluitsystemen nader beschouwd te worden in de QRA.

Tabel 14 Overzicht te beschouwen insluitsystemen in QRA

Activiteit	Gebouw	Effect	Beschouwen in QRA
Gascilinders	HTC 2 (WAU) ruimte 2	LC_{01} toxische wolk, ruim buiten gebouw en terreingrens.	Ja, beschouwen in QRA
	HTC 7 (WDX) gaskast	Geen relevante dosis berekend op 1 m. hoogte	Nee, niet beschouwen in QRA
	HTC 4 (WAG) gaskast	Geen relevante dosis berekend op 1 m. hoogte	Nee, niet beschouwen in QRA
	HTC 11 (WBC) gaskast	Geen relevante dosis berekend op 1 m. hoogte	Nee, niet beschouwen in QRA
	HTC 29 (WZ) gaskast	Geen relevante dosis berekend op 1 m. hoogte	Nee, niet beschouwen in QRA
Zoutzuur 30% opslag	In HTC 3 (WBG)	Geen relevante dosis berekend op 1 m. hoogte	Nee, niet beschouwen in QRA
Waterstof trailers	Nabij HTC 3, (WBG)	LC_{01} warmtestralingeffect fireball ruim buiten gebouw, maar binnen terreingrens.	Ja, beschouwen in QRA
Zoutzuur 30% verlading	Nabij HTC 3, (WBG)	Geen relevante dosis berekend op 1 m. hoogte	Nee, niet beschouwen in QRA

4 Modelling loss of containment scenario's

In dit hoofdstuk worden de "Loss Of Containment" scenario's (LOC, ongevalsscenario's) voor de in hoofdstuk 3 aangewezen installaties uitgewerkt. Voor de LOC-scenario's wordt uitgegaan van de initiële faalscenario's uit de Handleiding risicoberekeningen BEVI (HARI) [1]. Deze zijn uitgewerkt voor de specifieke situatie van HTC.

Alle scenario's waarvan de 1% letaliteitsafstanden op 1 meter hoogte zijn berekend, zijn in de risicoberekening meegenomen. Normaliter wordt als criterium gesteld dat alleen de scenario's waarbij de effectafstanden de terreingrens overschrijden in de QRA worden meegenomen. In dit geval is daar niet voor gekozen, omdat op de locatie verschillende vergunningen geldig zijn en dus theoretisch ook meerdere terreingrenzen zijn. Dit betekent dat in de QRA de volgende installaties worden meegenomen:

- Ruimte 2 van HTC 2 opslagbouw WAU wordt beschouwd. In deze ruimte worden gasflessen opgeslagen. De risicoberekeningen worden uitgevoerd volgens de gasflesrichtlijn uit de handleiding risicoberekeningen.
- HTC 3 (WBG) waterstoftrailers.

De risicoberekening is uitgevoerd met het softwarepakket Safeti-NL versie 6.54. In de risicoberekening zijn voor de modellering dezelfde aannames gemaakt als bij de effectberekeningen. De onderwerpen die bij effectberekening niet, maar bij risicoberekening wel van belang zijn, betreffen de faalfrequenties.

4.1 Uitgangspunten

De QRA berekening is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- De berekening is zo realistisch mogelijk; bij een aantal keuzes is een veilige benadering gekozen die leidt tot een lichte overschatting van het risico;
- De berekening is conform de standaard methodiek voor het uitvoeren van een QRA zoals vastgelegd in de HARI [1];
- De parameter "free field modelling" is ingesteld op "pre 6.54" de parameter distance to boundary wordt daarmee gelijk gesteld aan 10. Dit betreft de standaard parameter voor de Safeti-NL versies van voor 6.54.

4.2 Te beschouwen LOC-scenario's

De eerste stap in een QRA is de bepaling van de faalscenario's (uitstromen van gevaarlijke stoffen). In de HARI [1] zijn specifieke scenario's beschreven voor verschillende installatieonderdelen. Deze scenario's staan in de onderstaande tabel vermeld met daarbij de installaties waarvoor deze scenario's moeten worden beschouwd.

Tabel 15 Te beschouwen LOC scenario's

Installatie HARI	Installatieonderdeel HTC	LOC-scenario	Kans
Gascilinders	HTC 2 (WAU) ruimte 2	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7} /jaar
		2. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm.	5×10^{-7} /jaar
		3. Brand in de omgeving van de gascilinder (inpendige opslag)	1×10^{-5} /jaar
Stationaire drukhouders, tubes	HTC 3 (WBG) Waterstof trailer	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud één tube + vrijkomen inhoud overige tubes uit een 10 mm gat	5×10^{-7} /jaar/tube
		2. Vrijkomen van de gehele inhoud binnen 10 min.	5×10^{-7} /jaar
		3. Lekkage (diameter 10 mm)	1×10^{-5} /jaar

4.3 Uitwerking scenario's

In de volgende paragrafen is voor elk van deze onderdelen aangegeven hoe de scenario's zijn gemodelleerd. De uiteindelijke faalfrequenties en modelleringen worden in de navolgende paragrafen besproken.

4.3.1 Gascilinder HTC 2

In de onderstaande tabel staan de cilinders weergegeven welke maximaal in ruimte 2 van gebouw WAU worden opgeslagen.

Tabel 16 Gascilinders in gebouw HTC 2 (WAU)

Gebouw	Gascilinder	Aantal	Inhoud	Druk
HTC 2 (WAU)	Ammoniak	5	50 l per cilinder	Bij de gascilinders fosfine is een druk van 35 barg toegepast.
	Ammoniak	4	10 l per cilinder	
	Ammoniak	4	0,47 l per cilinder	
	Arsine	3	10 l per cilinder	Voor fluor is op basis van het volumepercentage de massa berekend en is een druk van 200 barg aangehouden.
	Fosfine	3	10 l per cilinder	
	Waterstofchloride	5	0,47 l per cilinder	
	Waterstofchloride	4	10 l per cilinder	Waterstof en methaan zijn beschouwd bij een druk van 200 barg
	Waterstofsulfide	3	10 l per cilinder	
	Chloor	3	0,47 l per cilinder	
	Chloor	2	10 l per cilinder	Silaan en dichloorsilaan zijn beschouwd bij een druk van 60 barg.
	5% fluor in neon*	2	10 l per cilinder	
	5% fluor in stikstof*	2	50 l per cilinder	
	Boortrichloride	3	0,47 l per cilinder	Chloor, boortrichloride, waterstofchloride, waterstofsulfide en propaan zijn als saturated liquid beschouwd.
	Boortrichloride	2	10 l per cilinder	
	Boortrifluoride	2	0,47 l per cilinder	
	Waterstof	4	10 l per cilinder	
	Waterstof	20	50 l per cilinder	
	Propaan	7	10 l per cilinder	
	Methaan	7	50 l per cilinder	
	Methaan	8	40 l per cilinder	
	Methaan	5	10 l per cilinder	
	Methaan	2	2 l per cilinder	
	Acetyleen	3	40 l per cilinder	
	Silaan	2	50 l per cilinder	
	Dichloorsilaan**	2	50 l per cilinder	

* Fluor wordt als zuivere stof gemodelleerd, evenredig naar volume in de cilinder

** Dichloorsilaan wordt gemodelleerd als silaan.

In de onderstaande tabel zijn de scenario's en de faalfrequentie voor een gascilinder weergegeven. Deze scenario's gelden voor opslag -en opstelplaatsen van gascilinders inclusief de aan- en afvoer van de gascilinders.

Tabel 17 Faalfrequentie en brontermen scenario's gasflessen HTC 2

Stof	Scenario	Initiele faalfrequentie [per jaar]	Aantal cilinders	Faalfrequentie [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Diversen zie Tabel 16	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7}	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1
	2. Lekkage (diameter 3,3 mm)	5×10^{-7}	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1
	3. Brand in de omgeving van de gascilinder (in pandige opslag)	1×10^{-5}	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1	Zie bijlage 1

In Bijlage 1 zijn de scenario's per cilinder weergegeven.

Verder zijn bij de modellering de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Ruimte 2 is aan de zijkanten open (ventilatie). Daarom is in de modellering aangenomen dat de vrijgekomen brandbare gassen direct ter hoogte van het dak (3,6 m) in de omgeving worden geëmitteerd.
- De toxische gassen worden via een gedwongen ventilatie geëmitteerd. Vanwege het hoge ventilatiedebiet (2000 m³/h) is aangenomen dat de gassen direct via de ventilatiepijp op een hoogte van 7m worden geëmitteerd.
- Voor het scenario brand in de in pandige opslag worden de effecten als buiten zijnde gemodelleerd.

4.3.2 Trailers met waterstof

Nabij gebouw HTC 3 (WBG) bevinden zich 2 trailers met waterstof. In de onderstaande tabel zijn de eigenschappen weergegeven.

Tabel 18 Overzicht eigenschappen waterstof trailers

Trailer	Temperatuur [°C]	Druk [barg]	Totaal volume [liter]	Aantal elementen	Massa per element [kg]	Totale massa [kg]
Trailer 1	9	150	18.083	12	18,76	225
Trailer 2	9	150	13.500	9	20	180

In de onderstaande tabel zijn de initiële faalfrequenties van de scenario's met betrekking tot de trailers waterstof weergegeven.

Tabel 19 Faalfrequentie en brontermen scenario's trailers

Stof	Scenario	Initiele faalfrequentie [per jaar]	Aantal tubes	Faalfrequentie [per jaar]	Bronterm [kg/s] Tijdsduur [s]
HTC 3 (WBG) Trailer 1 225 kg 150barg	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud één tube	5×10^{-7} /jaar	12	6×10^{-6} /jaar	Instantaan
	Vrijkomen inhoud overige tubes uit een 10 mm gat	5×10^{-7} /jaar	11	$5,5 \times 10^{-6}$ /jaar	0,635 kg/s [324 s]
	Vrijkomen van de gehele inhoud binnen 10 min.	5×10^{-7} /jaar	Gehele trailer	5×10^{-7} /jaar	0,375 kg/s [600 s]
	Lekkage (diameter 10 mm)	1×10^{-5} /jaar	Gehele trailer	1×10^{-5} /jaar	0,635 kg/s [353 s]
HTC 3 (WBG) Trailer 2 180 kg 150 barg	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud één tube	5×10^{-7} /jaar	9	$4,5 \times 10^{-6}$ /jaar	Instantaan
	Vrijkomen inhoud overige tubes uit een 10 mm gat	5×10^{-7} /jaar	8	4×10^{-6} /jaar	0,635 kg/s [251 s]
	Vrijkomen van de gehele inhoud binnen 10 min.	5×10^{-7} /jaar	Gehele trailer	5×10^{-7} /jaar	0,300 kg/s [600 s]
	Lekkage (diameter 10 mm)	1×10^{-5} /jaar	Gehele trailer	1×10^{-5} /jaar	0,635 kg/s [283 s]

Omdat de tubes gekoppeld zijn, dient geen rekening gehouden te worden met domino-effecten tussen tubes op een oplegger¹⁵.

¹⁵ Antwoord RIVM d.d. 13 mei SAF-NL-3312: stationaire waterstoftrailers

5 Uitgangspunten bij de modellering

De relevante omgevingsdata voor de berekening van de externe risico's betreffen de bevolkingsdichtheid rondom het bedrijf, ontstekingsbronnen en de weergegevens van de omgeving.

5.1 Weersgegevens

Voor het uitvoeren van de berekeningen moeten meteorologische gegevens worden ingevoerd. Als uitgangspunt zijn de weergegevens van weerstation Eindhoven toegepast, zoals die zijn opgenomen in de HARI [1]. In Tabel 20 is een overzicht gegeven van de weerklassen die worden beschouwd.

Tabel 20 Beschrijving weerklassen

Weerklasse	Beschrijving
B3	Instabiel weer, gematigd zonnig, lichte tot gemiddelde wind (3 m/s)
D1,5	Licht instabiel weer, zonnig en licht winderig (1,5 m/s)
D5	Neutraal weer, bewolkt en winderig (5 m/s)
D9	Neutraal weer, bewolkt en winderig (9 m/s)
E5	Licht stabiel, winderig (5 m/s)
F1,5	Zeer stabiel, zeer licht winderig (1,5 m/s)

5.2 Ruwheidslengte van de ondergrond

De omgeving van HTCE bestaat uit grote obstakels (bedrijfsgebouwen/ kantoren etc.) afgewisseld met braakliggend terrein en laagbouw. De directe omgeving betreft industrieterrein met diversen obstakels. Er is zodoende gekozen voor een ruwheidslengte van 1000 mm.

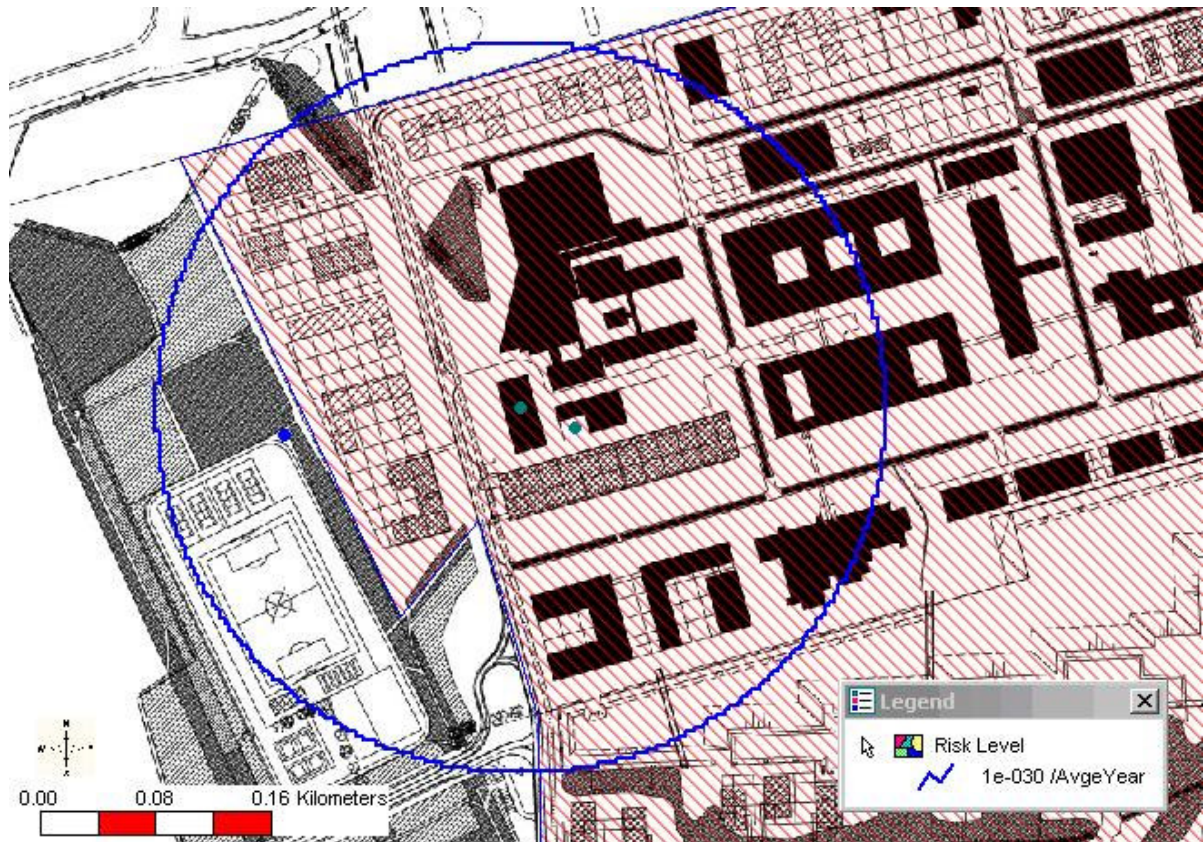
5.3 Populatiegegevens

De nodige omgevingsdata voor de berekening van de externe risico's betreffen de bevolkingsdichtheid, de ontstekingsbronnen en de weergegevens van de omgeving. De locatie van de gemodelleerde gebouwen en waterstoftrailers zijn opgenomen in Bijlage 4.

Het invloedsgebied wordt bepaald door het instantaan falen van een gascilinder fosfine in HTC 2 (WAU). De LC_{01} voor dit scenario reikt tot 240 meter bij weerstype F1.5. Binnen deze afstanden bevinden zich alleen de personen die werkzaam zijn op de HTCE.

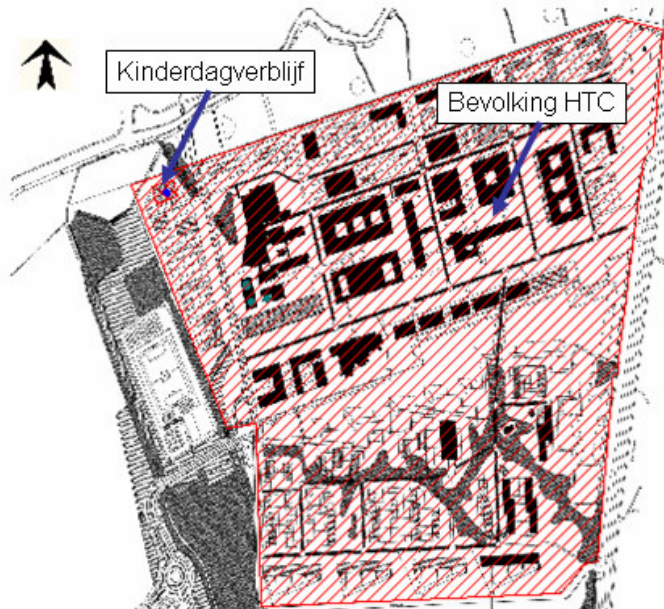
Overdag is het aantal personen vastgesteld op 5.500 personen. Voor de nacht is een aantal van 10 personen aangenomen. Daarnaast is rekening gehouden met het kinderdagverblijf. Er is aangenomen dat er overdag 200 personen aanwezig zijn op het kinderdagverblijf.

In het onderstaande figuur is het invloedsgebied weergegeven (op basis van de 10^{-30} per jaar contour, zoals te kennen is gegeven op de Safeti-NL bijeenkomst 2008).



Figuur 1 invloedsgebied op basis van 10^{-30} contour zonder PGS 15 ruimtes < 10 ton, LC₀₁ 240 meter

In het onderstaande figuur is de modellering van de aanwezige bevolking weergegeven.



Figuur 2 Overzicht modellering bevolking

5.4 Directe ontsteking

De kans van een ontsteking voor een snelweg of spoorweg in de nabijheid van een inrichting of transportroute wordt bepaald door de gemiddelde verkeersdichtheid en de kans op ontsteking per voertuig. Voor lokale wegen wordt aangenomen dat deze inbegrepen zijn in de ontstekingskans van de huishoudens en kantoren [1]. De ontstekingskans voor huishoudens en kantoren betreft 0,01 per persoon.

Voor het vaststellen van de reikwijdte van afdrijvende gaswolken zijn de mogelijke ontstekingsbronnen van belang. Wolken van brandbaar materiaal kunnen worden ontstoken zolang de concentratie boven de laagste explosiegrens (LEL dan wel LFL) blijft. De belangrijkste externe ontstekingbronnen betreffen de omliggende straten. In de onderstaande tabel staan de verkeersintensiteiten en snelheden vermeld en of de desbetreffende ontstekingsbron meegenomen is in de QRA.

Tabel 21 Ontstekingsbronnen

Ontstekingsbron	Verkeers- intensiteit dag [per uur]	Verkeers- intensiteit nacht [per uur]	Gemiddelde snelheid [km/uur]	Separaat beschouwd in QRA
Prof. Holstlaan (1)	800	90	50	Nee, inbegrepen in de ontstekingskans van de huishoudens en kantoren
Intern transport (2)	250	12,5	30	Nee, inbegrepen in de ontstekingskans van de huishoudens en kantoren
Snelweg A67/A2 (3)	6600	2200	120 (worstcase)	Ja

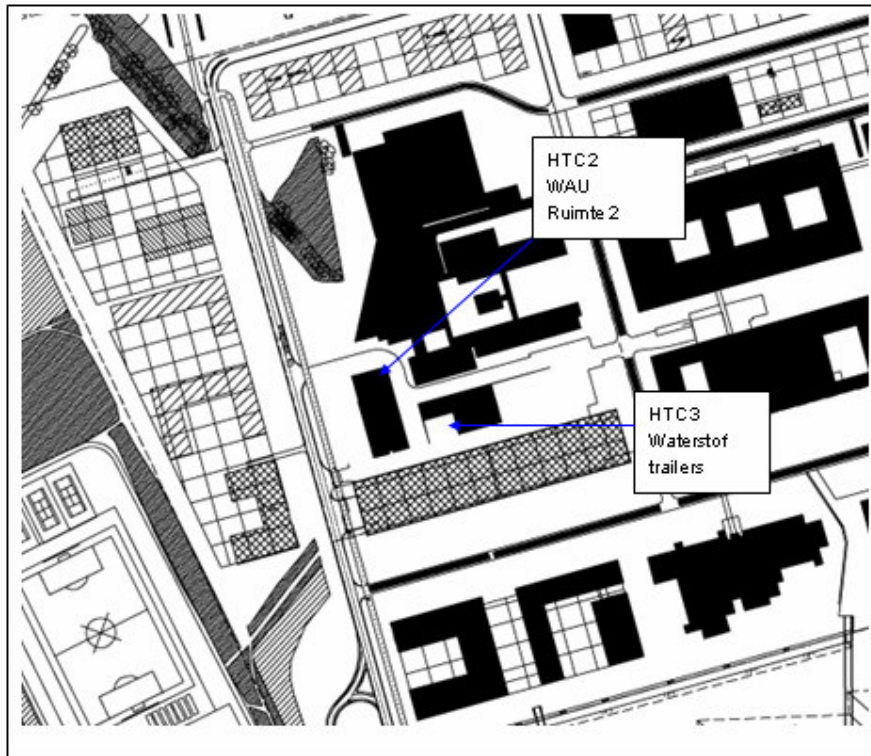
(1) De gegevens zijn gebaseerd op informatie van de milieudienst regio Eindhoven. De verkeersintensiteit (2003/2004) is 10.700 per etmaal. Op basis van de gegevens is voor de dagperiode 90% gehanteerd en voor de nachtperiode 10%.

(2) De gegevens voor intern transport zijn gebaseerd op een telling die heeft plaatsgevonden. Hierbij zijn tussen 7 en 18.30 uur 2800 personenauto's en 77 vrachtauto's geteld. Voor de nachtperiode is 5% van de dagperiode aangehouden.

(3) De gegevens zijn gebaseerd op informatie van Adviesdienst Verkeer en Vervoer (Ministerie V&W). De gemiddelde verkeersintensiteit (2002) is 105.000 per etmaal. Uit de gegevens blijkt dat hiervan 25% tussen 19 uur en 7 uur plaatsvindt (nachtperiode). Voor de dagperiode is 75% aangehouden.

5.5 Overzicht locatie bronnen

In de onderstaande figuur is weergegeven waar de verschillende installaties van HTC zich bevinden.



Figuur 3 Locatie gemodelleerde bronnen en route segmenten

5.6 Probit-functie

Voor het berekenen van de risico's van de toxische gassen zijn Probit-functies toegepast. De constanten in deze functie zijn afhankelijk van de toxische eigenschappen van een stof. In Bijlage 3 zijn de gegevens van de stoffen opgenomen welke niet standaard in Safeti-NL voorkomen.

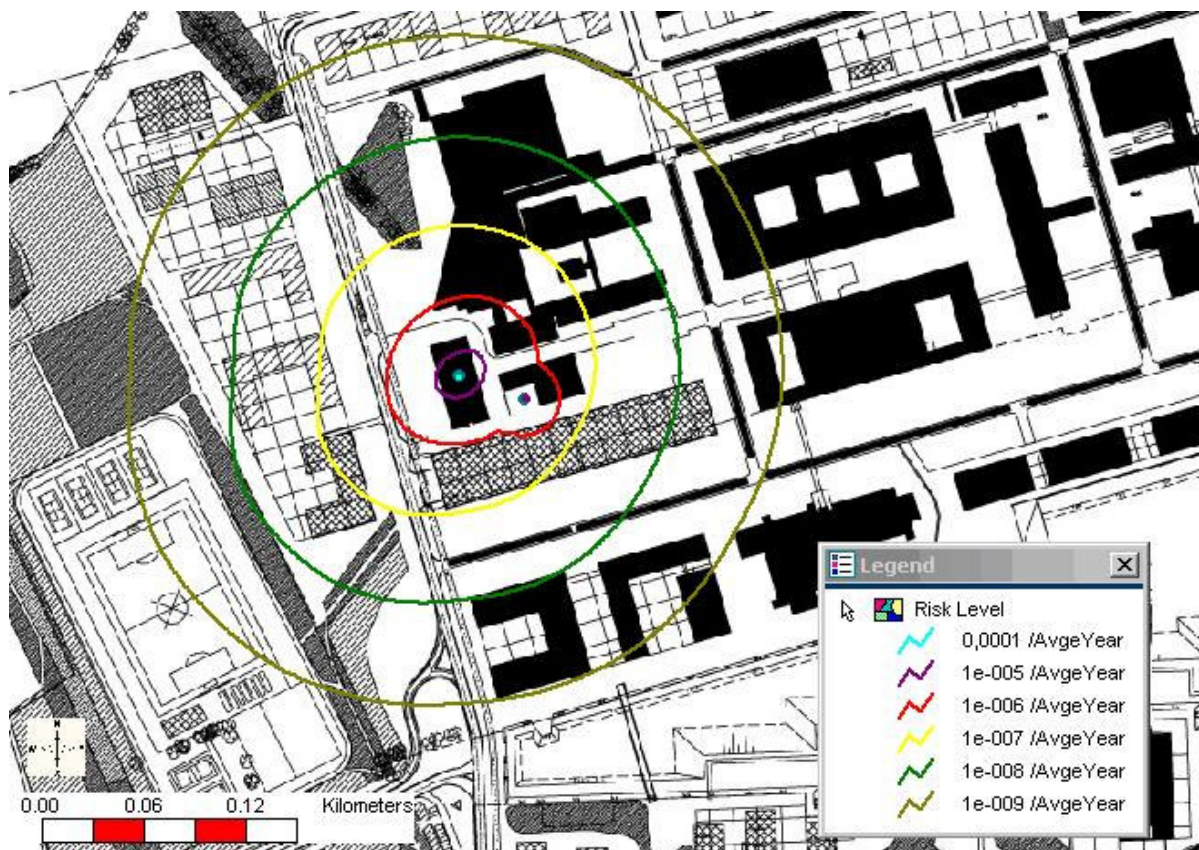
6 Risicoberekeningen

Door alle scenario's en de omgevingsgegevens zoals beschreven in voorgaande hoofdstukken in het risicoberekeningprogramma Safeti-NL [2] in te voeren zijn de plaatsgebonden risicocontouren berekend.

6.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR), is de kans per jaar op een dodelijk ongeval ten gevolge van een ongewoon voorval (ongevalscenario) indien een persoon (onbeschermde in de buitenlucht) zich bevindt op een bepaalde plaats waar hij voortdurend (24 uur per dag en gedurende het hele jaar) wordt blootgesteld aan de schadelijke gevolgen van een voorval.

Het PR wordt weergegeven als PR-contouren. Zo laat de 10^{-6} PR-contour die plaatsen zien waar de kans op het overlijden van een persoon eens in de miljoen jaar bedraagt. Het PR is onafhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van de inrichting. In de onderstaande figuur zijn de PR-contouren weergegeven, zoals die zijn berekend op basis van de gedefinieerde scenario's.

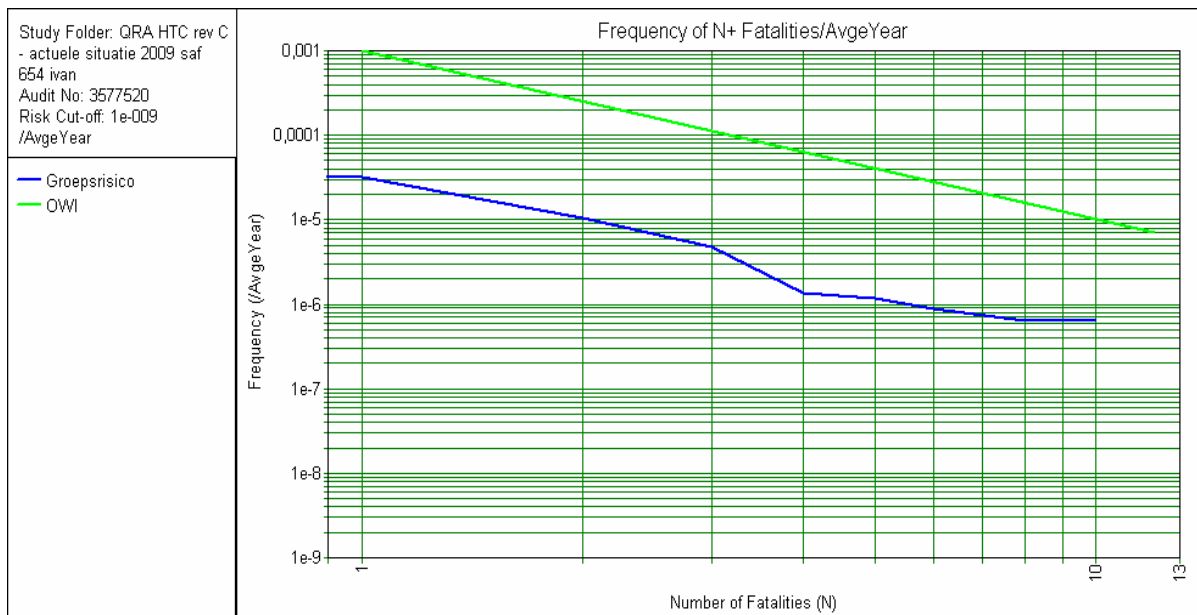


Figuur 4: Plaatsgebonden risico HTCE zonder PGS 15 compartimenten van minder dan 10 ton

6.2 Groepsrisico

Het groepsrisico (GR) is de kans per jaar dat een groep van een bepaalde grootte dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval. Het GR wordt vastgelegd in een zogenaamde F(N)-curve en is afhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van het bedrijf. In een F(N)-curve staat op de verticale as de kans weergegeven dat meer dan N slachtoffers ten gevolge van het beschouwde scenario komen te overlijden. Deze kans wordt uitgedrukt in de eenheid 'per jaar'. Op de horizontale as staat het aantal slachtoffers weergegeven.

De oriënterende normwaarde voor het GR is de rechte lijn gevormd door twee punten van de grafiek frequentie vs. aantal slachtoffers. Deze punten zijn 10^{-5} per jaar (één op de 100.000 per jaar) voor 10 slachtoffers en 10^{-7} per jaar (één op de 10.000.000 miljoen per jaar) voor 100 slachtoffers (groene lijn).



Figuur 5: Groepsrisico zonder PGS 15 compartimenten van minder dan 10 ton

7 Toetsing aan de risicocriteria

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de risicoberekening getoetst aan de risicocriteria uit het BEVI. In Nederland worden voor externe veiligheid, uitgedrukt in plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR), de volgende normen gehanteerd:

Tabel 22 definitie normen externe veiligheid

Criteria	Definitie
Plaatsgebonden risico (PR)	De grenswaarde voor het PR is standaard gesteld op een niveau van 10^{-6} per jaar (kans op overlijden één op de 1.000.000 jaar). Een onderverdeling tussen oude/nieuwe situatie en kwetsbare/beperkt kwetsbare objecten is gegeven in [4]. Zie bijlage 7.
Groepsrisico (GR)	De oriënterende waarde voor het GR is de rechte lijn gevormd door twee punten van de grafiek frequentie vs. aantal slachtoffers. Deze punten zijn 10^{-5} per jaar (één op de 100.000 per jaar) voor 10 slachtoffers, 10^{-7} per jaar (één op de 10.000.000 per jaar) voor 100 slachtoffers. Een gedetailleerde uitleg en de gevolgen van overschrijding zijn gegeven in [4]. Zie bijlage 7.

Ten aanzien van de criteria die gesteld worden voor het plaatsgebonden risico kan worden opgemerkt dat voor de vergunde situatie, de PR contour van 10^{-6} per jaar binnen de inrichting van HTC valt.

De PR 10^{-6} contour veroorzaakt door HTC 2 ruimte 2 (gasflessen opslag) en de waterstoftrailers valt gedeeltelijk over HTC 11 en 12. Deze gebouwen maken deel uit van de inrichting van de High Tech Campus Eindhoven en worden zodoende niet beschouwd als beperkt kwetsbaar object. De locatie van het kinderdagverblijf (in gebouw WEA) is aanvaardbaar ten aanzien van de huidige ligging van het plaatsgebonden risico.

Ten aanzien van de criteria die gesteld worden voor het groepsrisico geldt dat de oriënterende waarde, zoals is vastgelegd in het BEVI, niet wordt overschreden.

8 Conclusie

In dit hoofdstuk wordt een conclusie gegeven ten aanzien van de resultaten van de risicoberekening die zijn getoetst aan de risicocriteria uit het BEVI. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Verder wordt opgemerkt dat voor de rampenbestrijding in Bijlage 6 de interventiewaarden zijn opgenomen ten aanzien van een toxisch scenario (falen gascilinder fosfine in HTC 2). PGS 15 compartimenten van minder dan 10 ton zijn niet beschouwd in de QRA conform de Handleiding Risicoberekening BEVI [1], daar de compartimenten minder dan 10 ton bevatten en 60 minuten brandwerend uitgevoerd zijn.

8.1 Plaatsgebonden risico

PR contour van 10^{-6} per jaar valt binnen de inrichting van HTCE en vormt derhalve geen knelpunt in het kader van het BEVI.

8.2 Groepsrisico

Het groepsrisico voldoet aan de criteria die zijn vastgelegd in het BEVI. Het groepsrisico valt onder de oriënterende waarde en vormt derhalve geen belemmering voor de activiteiten die HTCE uitvoert.

Referenties

1. Handleiding Risicoberekeningen BEVI 3.2, 01-07-2009;
2. PGS 2, Gele boek, Methods for the calculation of physical effects, Den Haag, derde druk 1997;
3. QRA opslag waterstof; onderzoek naar de effecten van de opslag van waterstof op de externe veiligheid, DHV Milieu en Infrastructuur BV, februari 2003
4. Kwantitatieve risicoanalyse HTC Philips, Tebodin BV, 26 mei 2005

Bijlage 1: Scenario's gascilinders HTC 2 (WAU)

<i>Toxische gassen</i>					
Cilinder	Aantal	Scenario	Faalkans/jr per cilinder [per jaar]	Faalkans QRA [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Ammoniak 50 l 31 kg	5	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,50E-06	0,14 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,50E-05	Instantaan
Ammoniak 10 l 6,25 kg	4	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,00E-06	0,14 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,00E-05	Instantaan
Ammoniak 0,47 l 0,29 kg	4	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,00E-06	0,14 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,00E-05	Instantaan
Arsine 2,5 kg	3	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,50E-06	0,53 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,50E-05	Instantaan
Fosfine 10 l 5 kg	3	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,50E-06	0,32 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,50E-05	Instantaan
Waterstofchloride 0,47 l 0,41 kg	5	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,50E-06	0,42 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,50E-05	Instantaan

Toxische gassen					
Cilinder	Aantal	Scenario	Faalkans/jr per cilinder [per jaar]	Faalkans QRA [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Waterstofchloride 10 l 8,7 kg	4	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,00E-06	0,42 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,00E-05	Instantaan
Waterstofsulfide 10 l 8,1 kg	3	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,50E-06	0,24 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,50E-05	Instantaan
Chloor 0,47 l 0,68 kg	3	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,50E-06	0,18 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,50E-05	Instantaan
Chloor 10 l 14,4 kg/s	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,18 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan
5% fluor in neon 50 l 0,33 kg	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,43 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan
5% fluor in stikstof 50 l	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,43 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan

Toxische gassen					
Cilinder	Aantal	Scenario	Faalkans/jr per cilinder [per jaar]	Faalkans QRA [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Boortrichloride 0,47 l 0,62 kg	3	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,50E-06	0,05 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,50E-05	Instantaan
Boortrichloride 10 l 13,2 kg	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,05 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan
Boortrifluoride 0,47 l 0,13 kg	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,21 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan

Brandbare gassen					
Cilinder	Aantal	Scenario	Faalkans/jr per cilinder [per jaar]	Faalkans QRA [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Waterstof 10 l 0,15 kg	4	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,00E-06	0,09 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,00E-05	Instantaan
Waterstof 50 l 0,75 kg	20	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-05	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-05	0,09 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-04	Instantaan

Brandbare gassen					
Cilinder	Aantal	Scenario	Faalkans/jr per cilinder [per jaar]	Faalkans QRA [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Propan 10 l 5,1 kg	7	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	3,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	3,50E-06	0,12 kg/s
		Brand in inopandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	3,50E-05	Instantaan
Methaan 50 l 8,3 kg	7	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	3,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	3,50E-06	0,32 kg/s
		Brand in inopandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	3,50E-05	Instantaan
Methaan 40 l 6,6 kg	8	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	4,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	4,00E-06	0,32 kg/s
		Brand in inopandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	4,00E-05	Instantaan
Methaan 10 l 1,7 kg	5	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	2,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	2,50E-06	0,32 kg/s
		Brand in inopandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	2,50E-05	Instantaan
Methaan 2 l 0,33 kg	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,32 kg/s
		Brand in inopandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan
Acetyleen 40 l 17, 5 kg	3	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,50E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,50E-06	0,31 kg/s
		Brand in inopandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,50E-05	Instantaan

Brandbare gassen					
Cilinder	Aantal	Scenario	Faalkans/jr per cilinder [per jaar]	Faalkans QRA [per jaar]	Bronterm [kg/s]
Silaan 50 l 10 kg	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,18 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan
Dichloorsilaan 50 l 10 kg	2	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de inhoud van de gascilinder	5,00E-07	1,00E-06	Instantaan
		Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 3,3 mm	5,00E-07	1,00E-06	0,18 kg/s
		Brand in in pandige opslag waarbij 50% van de cilinders faalt	1,00E-05	1,00E-05	Instantaan

Bijlage 2: Bepaling LC₀₁ afstanden gascilinders HTC 2 (WAU)

In de onderstaande tabel is voor de gascilinders met toxische stoffen in gebouw HTC 2 (WAU) de afstand tot de LC₀₁ weergegeven. Voor de bepaling is van een stof steeds de gascilinder met de grootste inhoud meegenomen.

Stof	Scenario	Afstand tot LC01 [m] Weerstype 1.5F
NH ₃ 50 l	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	-/-
	Brand	25
AsH ₃ 10 l	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	-/-
	Brand	25
PH ₃ 10 l	Lekkage 3,3 mm	160
	Instantaan falen	240
	Brand	230
HCl 10 l	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	-/-
	Brand	-/-
H ₂ S 10 l	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	36
	Brand	25
Cl ₂	Lekkage 3,3 mm	90
	Instantaan falen	65
	Brand	74
Fluor 5%	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	50
	Brand	50
BCl ₃ 10 l	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	-/-
	Brand	24
BF ₃ 0,47 l	Lekkage 3,3 mm	-/-
	Instantaan falen	-/-
	Brand	-/-

Bijlage 3: Modelleringsaspecten - probits & stoffen

Probits

Voor het bepalen van de 1% letaliteitsafstanden van toxische stoffen wordt de LC_{01} gehanteerd. Deze is afhankelijk van de stofeigenschappen. Voor het berekenen van de risico's van toxische stoffen wordt de Probit-functie van een stof gebruikt. De Probit-functie wordt bepaald met:

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

waarbij:

Pr Probit bijbehorende bij de overlijdenskans;
a,b,n constanten van een stof;
C concentratie (ppm);
t blootstellingstijd (min).

In onderstaande tabel zijn de LC_{01} waarden en de constanten a, b en n van de toxische stoffen weergegeven welke niet standaard in Safeti-NL zijn opgenomen.

Stof	a	b	n
Boriumtrichloride	-12	1	2
Boriumtrifluoride	-11,09	1	2
Fluor	-7,66	1	2

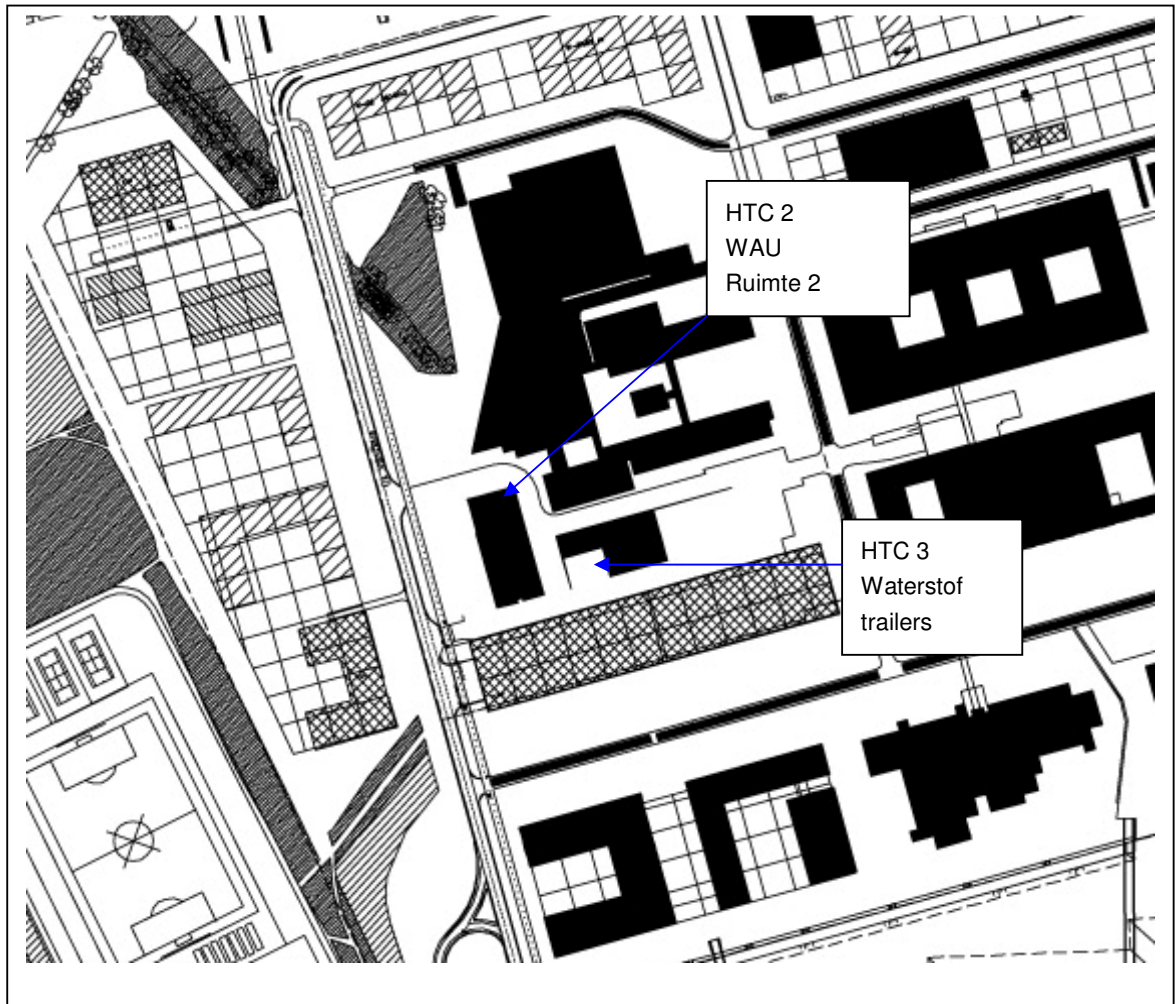
Toelichting

De stofgegevens van boriumtrichloride, boriumtrifluoride en fluor zijn door het RIVM verstrekt.

Overigen

Arsine en fosfine zijn als toxisch meegenomen in de QRA. Voor arsine is bij het tabblad "transport" bij "liquid thermal conductivity" voor de coëfficiënten a-d de waarde 0 ingevuld. De stofgegevens van silaan zijn door Tebodin geïmporteerd uit de Dippr®- database waarvan Safeti-Professional gebruik maakt.

Bijlage 4: Modelleren locaties bronnen QRA



Bijlage 6: Interventiewaarden

In deze bijlage is informatie opgenomen ten behoeve van de rampenbestrijding (voor de brandweer t.a.v. de interventie waarden. Hierbij zijn de activiteiten/insluitsystemen de interventiewaarden beschouwd:

- HTC 2: Gascilinder fosfine

In de onderstaande tabel zijn de interventiewaarden weergegeven.

Tabel 23 Interventiewaarden toxische verbrandingsproducten en fosfine

Stof	Interventiewaarde in [mg/m ³]			Interventiewaarde in [ppm]		
	VRW	AGW	LBW	VRW	AGW	LBW
Fosfine	nvt	2	5	nvt	1,412	3,53

Tabel 24 Afstanden tot interventiewaarden

Ruimte	Stof	Bronterm [kg/s]	Afstand t.a.v. toxiciteit [m]					
			Weerstype D5			Weerstype F1.5		
			VRW	AGW	LBW	VRW	AGW	LBW
HTC 2 gascilinder fosfine	Fosfine instantaan 10 l	Instantaan	nvt	219	119	nvt	793	735
	Fosfine lekkage 3,3 mm 10l	0,32 kg/s	nvt	225	104	nvt	595	247
	Fosfine brand 10 l	Instantaan	nvt	250	160	nvt	1155	558

* in orde grootte kwa effect vergelijkbaar met ruimte 23/24 van HTC 2

Bijlage 7: Grens- en richtwaarden voor het PR uit het BEVI

De onderstaande tabellen zijn overgenomen uit de Nota van toelichting bij het BEVI en bevatten een samenvatting van de gevolgen van de grens- en richtwaarden voor het plaatsgebonden risico (PR).

Kwetsbare objecten

Type situatie	PR hoger dan 10^{-5} per jaar	PR tussen 10^{-5} en 10^{-6} per jaar	PR lager dan 10^{-6} per jaar
op het tijdstip van inwerkingtreding van dit besluit aanwezige en geprojecteerde kwetsbare objecten	1. aanwezige kwetsbare objecten: binnen 3 jaar na inwerkingtreding bronmaatregelen/bron saneren/objecten amoveren/bestemmingsplan wijzigen (art. 17, 1e en 2e lid); 2. geprojecteerde kwetsbare objecten: binnen 3 jaar na het onherroepelijk worden van de bouwvergunning bronmaatregelen/ bron saneren (art. 17, 3e lid)	aanwezige kwetsbare objecten en – na het onherroepelijk worden van de bouwvergunning – geprojecteerde kwetsbare objecten moeten zo spoedig mogelijk doch uiterlijk 1-1-2010 voldoen aan PR 10^{-6} per jaar (art. 18, 1e tot en met 3e lid) (in het algemeen te bereiken door bronmaatregelen/ bron saneren)	toegestaan
oprichten inrichting	niet toegestaan (art. 6, 1e lid)	niet toegestaan (art. 6, 1e lid)	toegestaan
verandering inrichting waarvoor vóór de inwerkingtreding van dit besluit een Wm-vergunning is verleend	niet toegestaan (art. 24, 1 ^e lid)	1. PR moet ten minste gelijk blijven (art. 24, 1e lid), en 2. aanwezige kwetsbare objecten en – na het onherroepelijk worden van de bouwvergunning – geprojecteerde kwetsbare objecten moeten zo spoedig mogelijk doch uiterlijk 1-1-2010 voldoen aan PR 10^{-6} per jaar (art. 18, 1 ^e tot en met 3 ^e lid)	toegestaan
verandering inrichting waarvoor op of na het tijdstip van inwerkingtreding van dit besluit een Wm-vergunning is verleend	niet toegestaan (art. 7, 1 ^e lid)	niet toegestaan (art. 7, 1 ^e lid)	toegestaan
RO-besluit op grond waarvan de bouw/vestiging van kwetsbare objecten is toegelaten	niet toegestaan* (art. 8, 1 ^e lid)	niet toegestaan (art. 8, 1 ^e lid)	toegestaan

*Anticipatie is toegestaan, d.w.z. bij de vaststelling van een bestemmingsplan kan onder strikte voorwaarden vooruit worden gelopen op een toekomstige verbetering van de risicosituatie. Die voorwaarden zijn:

- het plan leidt niet tot een hoger PR dan 10^{-5} per jaar;
- aan het plan of aan de milieuvergunning van het risicoveroorzakende bedrijf zijn zodanige voorschriften verbonden dat binnen 3 jaar na de vaststelling van het desbetreffende ruimtelijke orderingsbesluit aan de grenswaarde 10^{-6} per jaar wordt voldaan (artikel 8, derde lid).

Beperkt kwetsbare objecten

Type situatie	PR hoger dan 10^{-5} per jaar	PR tussen 10^{-5} en 10^{-6} per jaar	PR lager dan 10^{-6} per jaar
op het tijdstip van inwerkingtreding van dit besluit aanwezige en geprojecteerde beperkt kwetsbare objecten	verbetering door toepassing van ALARA/ maatregelen bij de objecten*	verbetering door toepassing van ALARA/ maatregelen bij de objecten*	toegestaan
oprichten inrichting	in beginsel niet toegestaan (art. 6, 2 ^e lid)	in beginsel niet toegestaan (art. 6, 2 ^e lid)	toegestaan
verandering inrichting waarvoor vóór de inwerkingtreding van dit besluit een Wm-vergunning is verleend	in beginsel niet toegestaan (art. 7, 2 ^e lid)	PR moet in beginsel ten minste gelijk blijven (art. 7, 2 ^e lid)	toegestaan
verandering inrichting waarvoor op of na het tijdstip van inwerkingtreding van dit besluit een Wm-vergunning is verleend	in beginsel niet toegestaan (art. 7, 2 ^e lid)	in beginsel niet toegestaan (art. 7, 2 ^e lid)	toegestaan
RO-besluit op grond waarvan de bouw/vestiging van beperkt kwetsbare objecten is toegelaten	in beginsel niet toegestaan (art. 8, 2 ^e lid)	in beginsel niet toegestaan (art. 8, 2 ^e lid)	toegestaan

- In bepaalde gevallen, zoals bij verouderde bestemmingsplannen, kan het uit kostenoverwegingen in de rede liggen om het bestemmingsplan ter voorkoming van toekomstige saneringssituaties aan te passen. Voor de goede orde: dit besluit kent geen saneringsplicht uit hoofde van het plaatsgebonden risico voor beperkt kwetsbare objecten.

Bij maatregelen bij aanwezige beperkt kwetsbare objecten zou gedacht kunnen worden aan maatregelen die de verspreiding van gevaarlijke stoffen bij een ongeval, bijvoorbeeld door de afsluiting van een centraal ventilatiekanaal, kunnen tegengaan of aan afspraken over communicatie met het risicoveroorzakende bedrijf.