Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Interne en externe afstanden voor multi-fuel tankstations

RIVM-briefrapport 2021-0010
G.M.H. Laheij et al.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Interne en externe afstanden voor multi-fuel tankstations

RIVM-briefrapport 2021-0010
G.M.H. Laheij et al.

Colofon

© RIVM 2021
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0010

G.M.H. Laheij (auteur), RIVM
C.E. Pompe (auteur), RIVM
C.M.D. Thijssen (auteur), RIVM
P.A.M. Uijt de Haag (auteur), RIVM

Contact:
Paul Uijt de Haag
Centrum Veiligheid, afdeling OMV
Paul.uijt.de.haag@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van het project 'Veiligheid bedrijven'.

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Interne en externe afstanden voor multi-fuel tankstations

De Nederlandse overheid werkt eraan om meer duurzame energie te gebruiken. Het is onder andere de bedoeling dat auto's en vrachtwagens steeds meer op waterstof, aardgas en elektriciteit gaan rijden. De komende jaren worden tankstations ingericht voor deze energiebronnen, naast benzine, diesel en LPG. We noemen dit multi-fuel tankstations.

Er gelden nu regels om ervoor te zorgen dat brandstof veilig wordt aangevoerd naar en opgeslagen op het tankstation. De regels gaan over de afstanden binnen en buiten de tankstations. Op de tankstations moet er genoeg afstand zijn tussen de installaties voor verschillende soorten brandstof. Dat voorkomt een kettingreactie bij een ongeluk. Daarbuiten moet de afstand tussen een tankstation en de woningen in de omgeving groot genoeg zijn. Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat ook multi-fuel tankstations veilig zijn met deze regels.

Voor dit onderzoek zijn de afstanden berekend met verschillende aannames over de hoeveelheden die in 2030 van de verschillende typen brandstof worden verkocht. Het RIVM raadt aan in de gaten te houden of de afstanden tot de woningen in alle praktijksituaties groot genoeg zijn voor de combinatie van de 'nieuwe' brandstoffen.

Het onderzoek is samen met het Instituut voor Fysieke Veiligheid (IFV) gedaan.

Kernwoorden: energietransitie, omgevingsveiligheid, multi-fuel tankstation

Synopsis

Minimum internal and external distances for multi-fuel filling stations

The Dutch government aims to promote the use of more sustainable energy sources, including the use of hydrogen, natural gas and electricity as a power source for cars and trucks. In the near future, filling stations will be set up to provide these energy sources in addition to more traditional fuels such as petrol (also called gasoline) and LPG. These stations are called multi-fuel filling stations.

Regulations are in place to ensure that motor fuel is safely transported to and stored at the filling station. These regulations apply to minimum distances inside and outside the filling stations. At the filling stations, there must be sufficient distance between installations with motor fuels to prevent domino-effects. Also, the distance between the filling station and nearby houses must be sufficient. The RIVM study shows that these regulations are adequate to ensure the safety of multi-fuel filling stations.

For this study, the distances calculated are based on assumptions about the amounts of the different types of motor fuel sold in 2030. RIVM recommends re-evaluating in the future whether the external distance to surrounding houses is adequate for all practical situations involving multi-fuel filling stations.

The study was done in collaboration with the Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, Institute for Safety).

Keywords: energy transition, multi-fuel filling stations, safety

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Interne veiligheidsafstanden — 13
2.1 Doel interne veiligheidsafstanden — 13
2.2 Analyse — 13
2.3 Advies en overwegingen — 14

3 Uitgangspunten voor effect- en risicoberekeningen — 15
3.1 Inleiding — 15
3.2 Algemene uitgangspunten — 15
3.3 Beschrijving van de brandstofinstallaties — 15
3.3.1 LPG-installatie — 16
3.3.2 LNG-installatie — 16
3.3.3 Waterstofinstallatie — 17
3.3.4 Benzine-installatie — 17

4 Resultaten effectberekeningen — 19
4.1 Inleiding — 19
4.2 LPG-installatie — 19
4.3 LNG-installatie — 19
4.4 Waterstofinstallatie — 19
4.5 Benzine-installatie — 19
4.6 Vergelijking van de effectafstanden — 19

5 Resultaten risicoberekeningen — 21
5.1 Inleiding — 21
5.2 Resultaten van de risicoberekeningen — 22
5.3 Discussie — 26

6 Conclusies en aanbevelingen — 27

7 Referenties — 29

Bijlage 1 Analyse interne veiligheidsafstanden PGS-richtlijnen ten behoeve van een multi-fuel tankstation (behorende bij onderzoeksvraag 3) — 31

Bijlage 2 Effectafstanden — 42

Bijlage 3 Verdeling doorzet op basis van het Panteia rapport — 49

Bijlage 4 Risk Transects — 50

Samenvatting

Bij multi-fuel tankstations kunnen verschillende soorten brandstof worden getankt, zoals LNG, CNG, waterstof, LPG, benzine en diesel. Ook kan er elektriciteit als energiebron voor voertuigen beschikbaar zijn (in de vorm van oplaadpunten). Voor de verschillende brandstoffen afzonderlijk is er regelgeving en zijn er richtlijnen, maar voor de combinatie van brandstoffen zijn er nog vragen over de veiligheid.

Het RIVM heeft beoordeeld welke interne veiligheidsafstanden bij een multi-fuel tankstation kunnen worden toegepast. Geconcludeerd is dat voor multi-fuel tankstations de interne veiligheidsafstanden kunnen worden gehanteerd die de PGS-richtlijnen reeds voorschrijven voor de afzonderlijke brandstofinstallaties waaruit een multi-fuel tankstation is samengesteld.

Vervolgens heeft het RIVM onderzocht wat de risico- en effectafstanden zijn voor multi-fuel tankstations, en in hoeverre het totale risico van een multi-fuel tankstation groter is dan het risico van de afzonderlijke brandstofinstallaties. Het blijkt dat de totale externe veiligheidsafstanden tot de plaatsgebonden risicocontour (PR) van 10^{-6} per jaar groter zijn dan de afstanden van de afzonderlijke installaties. De risicocontouren zijn afhankelijk van de doorzet (hoeveelheid brandstof die per jaar wordt verladen). Bij gelijke doorzet voor alle brandstoffen wordt de totale externe veiligheidsafstand tot 10^{-6} per jaar bepaald door LPG, in het ‘optimistische’ scenario door LNG. Aanbevolen wordt te verkennen of er praktijksituaties kunnen optreden waarbij de externe veiligheidsafstanden tot de PR 10^{-6} significant groter zijn dan de afstanden van de afzonderlijke brandstofinstallaties.

1 Inleiding

Bij multi-fuel tankstations kunnen verschillende soorten brandstof worden getankt, zoals LNG, CNG, waterstof, LPG, benzine en diesel. Ook kan er elektriciteit als energiebron voor voertuigen beschikbaar zijn (in de vorm van oplaadpunten). Voor de beheersing van de risico's van de verschillende brandstoffen afzonderlijk is er regelgeving en zijn er richtlijnen in de vorm van de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen, maar voor de combinatie van brandstoffen zijn er nog vragen over de veiligheid. De directie Omgevingsveiligheid en Milieurisico's van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) is daarom een oriënterend onderzoek gestart naar de veiligheid van multi-fuel tankstations, met als hoofduitvoerders het Instituut voor Fysieke Veiligheid (IFV) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Vragen
In het projectplan[1] zijn verschillende onderzoeksvragen opgenomen. Deze zijn in een overleg met het projectteam op 19 mei 2020 besproken en vervolgens verdeeld over IFV en RIVM ter beantwoording. Bij de verdeling zijn de vragen die betrekking hebben op effecten, risico's en afstanden toebedeeld aan het RIVM, de vragen over de combinaties van brandstoffen en de veiligheidsvoorzieningen aan het IFV. Daarnaast zijn nog enkele vragen over juridische en beleidsmatige aspecten toebedeeld aan IenW. Het betreft de volgende vragen:

0. [IFV] Enkele voorbeelden van de lay-out van een multi-fuel tankstation. Deze voorbeelden worden als uitgangspunt gebruikt voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen.
1. [RIVM] Wat zijn de veiligheidseffecten van de afzonderlijke brandstoffen? Hierbij wordt gekeken naar (i) de effecten die kunnen optreden en (ii) de bijbehorende effectafstanden op basis van de criteria voor brand- en explosie-aandachtsgebieden (10 kW/m^2, 35 kW/m^2 voor een vuurbal, 0,1 bar overdruk).
2. [IFV] Zijn er bijkomende veiligheidsaspecten bij het combineren van het aanbod van verschillende brandstoffen (inclusief laadinfrastructuur) op één locatie (multi-fuel tankstation)? Bijvoorbeeld domino effecten?
3. [RIVM] Zijn er suggesties voor het hanteren van onderlinge (interne) veiligheidsafstanden van de verschillende faciliteiten?
4. [RIVM] (a) Wat zijn de "overall" externe veiligheidsafstanden (dat wil zeggen, de afstanden tot PR 10^{-6}) voor multi-fuel tankstations als de risico's van de verschillende activiteiten worden opgeteld?
   [IenW] (b) Welke externe veiligheidsafstanden moeten worden gehanteerd bij multi-fuel tankstations: moeten de risico's van de diverse activiteiten bij elkaar worden opgeteld of te allen tijde afzonderlijk van elkaar worden beschouwd?

[1] Sarah Janse. Projectplan *Kennisdocument multi-fuel tankstations* versie 1.7 van 12 mei 2020

5. [IenW] In welke gevallen moet, mag of kan in plaats van vaste afstanden een QRA worden uitgevoerd?
6. [IFV] Hoe behoren de veiligheidsvoorzieningen van verschillende brandstoffen met elkaar samen te werken? (Hoe werkt de spreekwoordelijke "rode knop"?)
7. [IFV] (a) Wat is het effect van het hebben van verschillende eigenaren van de faciliteiten op één locatie voor bijvoorbeeld onderhoud?
   [IenW] (b) Wat zijn de juridische implicaties?
8. [IenW] Welke gevolgen zijn er vanwege de transportstromen van (nieuwe) energiedragers voor het basisnet en de gemeentelijk of provinciaal vastgestelde routes?

In deze rapportage wordt de beantwoording van de aan het RIVM toebedeelde onderzoeksvragen beschreven. In de rapportage van het IFV wordt de beantwoording van de aan het IFV toebedeelde onderzoeksvragen beschreven.[2]

Leeswijzer
In Hoofdstuk 2 wordt onderzoeksvraag 3 behandeld. In Hoofdstuk 3 worden de uitgangspunten voor de effect- en risicoberekeningen beschreven. Deze berekeningen worden respectievelijk in Hoofdstuk 4 en 5 besproken. In Hoofdstuk 4 wordt onderzoeksvraag 1 behandeld en ten slotte wordt in Hoofdstuk 5 onderzoeksvraag 4a behandeld.

Buiten scope
Elektriciteit (in de vorm van oplaadpunten) wordt in dit rapport verder buiten beschouwing gelaten als risicobron. Er zijn geen effecten van het laden van elektrische voertuigen te verwachten die relevant zijn voor omgevingsveiligheid. Bij brand van het voertuig kunnen gevaarlijke stoffen vrijkomen, maar de hoeveelheid vrijkomende gevaarlijke stoffen leidt niet tot dodelijke concentraties in de omgeving.

[2] Instituut Fysieke Veiligheid (2021). *Veiligheidsaspecten van multifuel tankstations.* Arnhem: IFV. 12 januari 2021.

2 Interne veiligheidsafstanden

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op onderzoeksvraag 3: *Zijn er suggesties voor het hanteren van onderlinge (interne) veiligheidsafstanden van de verschillende faciliteiten?*

2.1 Doel interne veiligheidsafstanden

Het falen van één installatie met gevaarlijke stoffen kan leiden tot het falen van een naburige installatie met gevaarlijke stoffen. Dit wordt een domino-effect genoemd. Door het hanteren van minimale afstanden tussen installaties, wordt de kans op domino-effecten beperkt. Deze minimale afstanden wordt aangeduid als 'interne veiligheidsafstanden'.

2.2 Analyse

Een multi-fuel tankstation (hierna te noemen: MFT) is een samenstel van afzonderlijke brandstofinstallaties. Voor elke installatie is een PGS-richtlijn[3] van toepassing.
De voor een MFT relevante PGS-richtlijnen zijn geanalyseerd wat betreft de interne veiligheidsafstanden. Dat zijn: PGS 16 (LPG), PGS 25 (CNG), PGS 28 (benzine en diesel), PGS 33-1 (LNG) en PGS 35 (waterstof).[4]
Het resultaat van deze analyse is opgenomen in Bijlage 1. Op basis daarvan zijn de volgende conclusies getrokken:

1. De PGS-richtlijnen hanteren warmteflux als enige criterium voor interne domino-effecten, met als grenswaarden:
   a. 35 kW/m^2 voor dubbelwandige, vacuüm-geïsoleerde opslagtanks en leidingen;
   b. 10 kW/m^2 voor de overige installatie-onderdelen.
2. De PGS-richtlijnen schrijven vaste interne veiligheidsafstanden voor. Deze zijn gebaseerd op de grenswaarden genoemd onder punt 1.
3. Een interne veiligheidsafstand in een PGS-richtlijn is gebaseerd óf op een scenario waardoor de betreffende PGS-installatie wordt bedreigd vanuit de omgeving óf op een scenario dat begint in de PGS-installatie en vervolgens andere installatie-onderdelen en/of de omgeving bedreigt.[5]
4. De PGS-richtlijnen komen in belangrijke mate los van elkaar tot stand. Dat verklaart de onderlinge verschillen tussen de PGS-richtlijnen wat betreft de scenariokeuze en de mate van onderbouwing daarvan:
   a. In PGS 33-1 en PGS 35 zijn de voorgeschreven interne veiligheidsafstanden gebaseerd op scenario's die ontstaan in de betreffende PGS-installatie waardoor vervolgens een ander installatie-onderdeel en/of de omgeving word(t)(en) bedreigd. Deze scenario's zijn kwantitatief uitgewerkt in een

[3] PGS: Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen.
[4] De meest recente versies van deze PGS-richtlijnen zijn gebruikt (in alle gevallen versie 0.2 uit 2020). Deze richtlijnen zijn omgezet naar de 'nieuwe stijl'. De enige uitzondering is PGS 25, waarvoor deze omzetting nog niet gereed is. Het is nog niet duidelijk of de omzetting gevolgen zal hebben voor de daarin voorgeschreven interne veiligheidsafstanden.
[5] Dit onderscheid is niet altijd even duidelijk gemaakt in de PGS-richtlijnen. In dat geval moest uit de context worden opgemaakt welk doel een voorgeschreven interne veiligheidsafstand dient.

achtergronddocument en gaan uit van kleine lekkages met een faalfrequentie van ordegrootte 10^{-4} - 10^{-3}/jaar.

b. PGS 28 schrijft geen interne veiligheidsafstanden voor omdat de betreffende bovengrondse installatie-onderdelen zo weinig brandbare vloeistof bevatten dat ze geen invloed zullen hebben op een eventuele brand (zowel vanuit het gezichtspunt van risicobron als risico-ontvanger).
c. PGS 25 kent alleen interne veiligheidsafstanden ter bescherming van de CNG-installatie tegen een eventuele brand in de omgeving. Deze scenario's zijn alleen in kwalitatieve termen beschreven.
d. PGS 16 hanteert voor situaties waarbij de PGS-installatie andere installatie-onderdelen en/of de omgeving bedreigt één generieke interne veiligheidsafstand (enkele uitzonderingen daargelaten), gebaseerd op één gekwantificeerd scenario. Daarnaast zijn enkele veiligheidsafstanden voorgeschreven vanuit het perspectief dat de PGS-installatie wordt bedreigd door een brand in de omgeving (brand in een gebouw of opslag van gevaarlijke stoffen). Een onderbouwing van deze afstanden ontbreekt.
De interne veiligheidsafstanden in PGS 16 bestaan al geruime tijd en hebben volgens de opstellers nooit tot knelpunten geleid. Reeds in de versie uit 2010 wordt gesteld dat deze afstanden onafhankelijk zijn van de feitelijke situatie en dat herberekeningen mogelijk zouden leiden tot kortere afstanden. Het is echter een beleidskeuze geweest van het toenmalige Ministerie van VROM deze afstanden verder ongewijzigd te laten [1].

2.3 Advies en overwegingen

Hoe dichter afzonderlijke installaties met gevaarlijke stoffen bij elkaar staan, hoe groter de kans op escalatie als gevolg van een incident dat begint in één van de installaties. Het creëren van afstand tussen de installaties verkleint de kans op escalatie (domino-effecten). Daarbij geldt een zekere mate van keuzevrijheid in de incidentscenario's op basis waarvan deze afstanden kunnen worden bepaald.

Het RIVM ziet geen reden specifiek voor MFT's andere interne veiligheidsafstanden te hanteren dan die de PGS-richtlijnen reeds voorschrijven voor de afzonderlijke brandstofinstallaties (faciliteiten) waaruit een MFT is samengesteld. Hierbij zijn de volgende overwegingen van belang:

- Het in de PGS-richtlijnen gehanteerde schadecriterium (warmteflux) met bijbehorende grenswaarden (10 en 35 kW/m^2) voor domino-effecten is gangbaar in de procesindustrie [2].
- Geschikte (voorzienbare) scenario's ter bepaling van interne veiligheidsafstanden hebben een faalfrequentie binnen de bandbreedte 10^{-5} - 10^{-3}/jaar [3]. Denk hierbij aan: lekkages, breuk van een slang e.d. De scenario's die in de PGS-richtlijnen zijn gehanteerd behoren tot dit type.
- De PGS-richtlijnen zijn onlangs weer geactualiseerd en worden geacht de stand van de techniek weer te geven.

3 Uitgangspunten voor effect- en risicoberekeningen

3.1 Inleiding

Voor het bepalen van de effecten en risico's van een MFT moeten de uitgangspunten voor de verschillende activiteiten (LPG, LNG/CNG, benzine, waterstof) worden bepaald. Hiervoor is een aantal uitgangspunten gehanteerd, deze worden hieronder samen met de resultaten voor de verladingscenario's beschreven. Voor de risicoberekeningen is uitgegaan van verschillende doorzetten, zoals beschreven in Hoofdstuk 5.

De gehanteerde scenario's zijn gebaseerd op de effect- en risicoberekeningen voor omgevingsveiligheid. Hiervoor is een aantal scenario's gedefinieerd, die variëren van kleine uitstromingen tot grote uitstromingen.

De laatste versies van de rekenmethoden voor de verschillende activiteiten zijn gebruikt voor de uitgangspunten voor de risico- en effectberekeningen. Ook de bijbehorende Safeti-NL rekenbestanden zijn gebruikt:

1. LPG-installaties: RIVM, Toelichting PSU-file: Voorbeeld risicoberekeningen LPG-tankstations. Versie 1.1. 24 april 2012. Gebaseerd op QRA-berekening LPG-tankstations van 29 mei 2008
2. LNG en CNG: RIVM, Rekenmethodiek LNG-tankstations. Versie 1.0.2, 25 april 2017
3. Waterstof: RIVM Memo: Risico- en effectafstanden waterstoftankstations, 3 oktober 2016
4. Benzine: RIVM Memo: Beschouwing risico's benzinetankstations voor omgevingsveiligheid, 23 juni 2017

Versie 8.3 van Safeti-NL en versie 4.2 van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi zijn gebruikt voor de berekening van de effect- en risicoafstanden.

3.2 Algemene uitgangspunten

Algemene uitgangspunten zijn:

- Er wordt uitgegaan van cilindervormige tanks met een diameter van respectievelijk 2 meter (tankauto) en 1,5 meter (stationaire tanks op het tankstation).
- Uitzonderingen hierop zijn de opslag van 400 kg waterstof op 80 bar (diameter van 3 meter) en de tussenopslag van 20 kg waterstof op 950 bar (diameter van 1 meter).
- De onderkant van de tanks bevindt zich op 1 meter hoogte.

3.3 Beschrijving van de brandstofinstallaties

De kenmerken van de installatieonderdelen die worden meegenomen worden hieronder per brandstoftype beschreven.

3.3.1 *LPG-installatie*

Voor de LPG-installatie worden de volgende installatieonderdelen meegenomen.

- De bevoorrading vindt plaats met een tankauto van ca. 60 m^3 met hittewerende coating. De pomp heeft een interne diameter van 3", de losslang heeft een interne diameter van 2".
- De installatie heeft één ondergronds LPG-opslagvat met een inhoud van 20 m^3.
- Bij een doorzet van 1.000 m^3 LPG per jaar vinden er 70 verladingen van een halfuur plaats, verdeeld over de dag en de nacht (dus geen venstertijden).
- Er wordt uitgegaan van een verbeterde losslang. De breukfrequentie voor de verbeterde losslangen bij LPG-tankstations is een factor 10 lager dan de standaard faalfrequentie voor Brzo-inrichtingen.

3.3.2 *LNG-installatie*

Voor de LNG-installatie worden in de risicoanalyse de volgende installatieonderdelen meegenomen.

- De tankauto is dubbelwandig geïsoleerd. De inhoud van de tankauto is 40 m^3. De afsteldruk van de veerveiligheid is 10 bar. De temperatuur van het LNG is -150 °C. De grootste aansluiting heeft een diameter van 2".
- De verlading vindt plaats met behulp van een pomp bij de tankauto, de pomp is uitgevoerd zonder pakkingen (canned).
- Breuk van de pomp wordt gemodelleerd als uitstroming uit een 3" leiding.
- Ingrijpen bij pomp- en slangbreuk door operator na 120 seconden.
- De losslang heeft een diameter van 2".
- Bij slangbreuk valt de pompdruk direct weg. De effectieve leidinglengte tot de breuk is 100 meter (97 meter door de weerstand van de pomp). De feitelijke hoogte van de pompdruk is hierdoor niet meer van belang.
- Het losdebiet bedraagt 500 liter per minuut.
- Er wordt gebruik gemaakt van een composietslang.
- De inhoud van het (bovengrondse) opslagvat bedraagt 40 m^3, de afsteldruk van de veerveiligheid is 10 bar.
- De temperatuur van het LNG bedraagt -150 °C.
- De effectieve LNG-inhoud bedraagt dan 15.385 kg (38 m^3 bij -150 °C).
- De pomp van het opslagvat zit buiten het vat en is uitgevoerd zonder pakkingen (canned).
- De gebruikstijd van de pomp is gelijk aan 110% van de levertijd van de afleverzuilen (10% voor het satureren van de buffervaten).
- De leiding tussen het vulpunt en opslagvat en de leiding tussen het opslagvat en de pomp hebben een diameter van 2".
- Alle overige leidingen hebben een diameter van 1".
- De leiding tussen buffervat en afleverzuil wordt ondergronds gemodelleerd.
- Alle overige leidingen worden bovengronds gemodelleerd.
- De slang van de afleverzuil heeft een diameter van 1".
- Bij breuk valt de pompdruk direct weg.

- Het loslaten van de bekrachtigingsknop leidt tot een scenario van 5 seconden (faalkans 0,01).
- Automatisch ingrijpen na 120 seconden (faalkans 0,001).
- De afleverzuil heeft een leiding naar hoge druk pomp met een diameter van 1". Na de pomp wordt LNG verdampt met behulp van elektrische verwarming (in-line heater). Bij breuk valt direct de pompdruk weg.

3.3.3 Waterstofinstallatie

Voor de risicoberekeningen van de waterstofinstallatie is uitgegaan van aanlevering van gecomprimeerd gasvormig waterstof via een tubetrailer:

- Tubetrailer (200 bar, 83 kg H_2 [6]) + losslang (d = 6 mm)
- Leidingwerk (d = 10 mm)
- Opslag (gas) (80 bar, 400 kg H_2)

Verder worden in de risicoberekeningen meegenomen:

- Purifier
- Compressor
- Tussenopslagen (1x 440 bar, 40 kg H_2 en 1x 950 bar, 20 kg H_2) met leidingwerk (d = 10 mm)
- Afleverzuil (d = 6 mm voor afleverslang)

Voor waterstof is uitgegaan van drie varianten van een waterstofinstallatie (zie voor installatieonderdelen de memo 'Risico- en effectafstanden waterstoftankstations' van het RIVM [4]):

1. aanlevering van gasvormig waterstof via een pijpleiding of lokale productie,
2. aanlevering van gasvormig waterstof via een tube- of cilindertrailer,
3. aanlevering van vloeibaar waterstof per tankwagen.

Voor variant 1 en 2 (gasvormig waterstof) is een directe ontstekingskans van 1 gebruikt. Voor variant 3 (vloeibaar waterstof) is een directe ontstekingskans van 0,9 gebruikt. Er is aanvullend onderzoek gepland naar de ontstekingskans van waterstof.

Voor de effectafstanden zijn alle drie de varianten gebruikt. In de risicoberekeningen is variant 2 gebruikt.

3.3.4 Benzine-installatie

Voor de risicoberekeningen van de benzine-installatie zijn de volgende installatieonderdelen meegenomen:

- Afleverzuil (alleen scenario breuk afleverslang is meegenomen in de berekeningen) (d = 30 mm, er is geen rekening gehouden met een breekkoppeling)
- Tankauto + losslang (d = 76,2 mm, lengte = 10 m)

In de berekeningen is n-hexaan gebruikt als voorbeeldstof, de maximale plasgrootte is 1600 m^2. Aangenomen is dat het reservoir ondergronds is. Het reservoir en de afleverzuil (met uitzondering breuk afleverslang) zijn

[6] 83 kg is de massa H_2 die is meegenomen in de berekening.

niet meegenomen in de berekeningen. Er wordt aangenomen dat deze niet bijdragen aan het risico. Een ondergronds benzinereservoir leidt niet tot effecten bovengronds en is daarom niet meegenomen in de berekeningen.

4 Resultaten effectberekeningen

Dit hoofdstuk gaat in op onderzoeksvraag 1: *Wat zijn de veiligheidseffecten van de afzonderlijke brandstoffen? Hierbij wordt gekeken naar (i) de effecten die kunnen optreden en (ii) de bijbehorende effectafstanden op basis van de criteria voor brand- en explosie-aandachtsgebieden (10 kW/m^2, 35 kW/m^2 voor een vuurbal, 0,1 bar overdruk).*

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de berekeningen van de effectafstanden besproken. De uitgangspunten voor deze berekeningen zijn te vinden in Hoofdstuk 3. In onderstaande paragrafen zijn aanvullende uitgangspunten voor de berekening van de effectafstanden gegeven voor de verschillende soorten brandstoffen. De effectafstanden zijn in Bijlage 2 gegeven. Per scenario is de afstand van de wolkbrand (afstand tot de Lower Flammability Limit (LFL)), de afstand tot de warmtestraling van 35, 10 en 3 kW/m^2 ten gevolge van een plasbrand, fakkelbrand of BLEVE en de afstand tot een overdruk van 0,3 bar gegeven. Er is van uitgegaan dat een afdrijvende wolk op 10 meter afstand ontsteekt. Er is geen rekening gehouden met feitelijke ontstekingsbronnen die op de locatie aanwezig kunnen zijn.

4.2 LPG-installatie

In Tabel 8 (zie Bijlage 2) worden de maximale afstanden (in meters) per scenario gegeven voor de wolkbrand, warmtestraling (fakkel en BLEVE) en de overdruk bij vertraagde ontsteking.

4.3 LNG-installatie

In Tabel 9 (zie Bijlage 2) worden de maximale afstanden (in meters) per scenario gegeven voor de wolkbrand, warmtestraling (fakkel en BLEVE) en de overdruk bij vertraagde ontsteking.

4.4 Waterstofinstallatie

In Tabel 10 (zie Bijlage 2) worden de maximale afstanden (in meters) per scenario gegeven voor de wolkbrand, warmtestraling (fakkel en BLEVE) en de overdruk bij vertraagde ontsteking.
De afstanden voor onderdelen die in alle varianten voorkomen (met dezelfde afstanden) worden onderaan in de tabel gegeven.

4.5 Benzine-installatie

In Tabel 11 (zie Bijlage 2) worden de maximale afstanden (in meters) per scenario gegeven voor de wolkbrand, warmtestraling (fakkel en BLEVE) en de overdruk bij vertraagde ontsteking.

4.6 Vergelijking van de effectafstanden

De effectafstanden variëren per brandstof, waarbij de grootste effectafstand tot 10 kW/m^2 gevonden wordt voor LPG (410 m), gevolgd door LNG (310 m), waterstof (210 m) en benzine (40 m). Deze

effectafstanden worden in alle gevallen veroorzaakt door het scenario waarbij de tankauto faalt.

Deze effectafstanden zijn aanzienlijk groter dan de interne veiligheidsafstanden zoals voorgeschreven in de PGS-richtlijnen (zie Bijlage 1). Dit komt omdat de interne veiligheidsafstanden zijn gebaseerd op scenario's met een faalfrequentie binnen de bandbreedte 10^{-5} – 10^{-3}/jaar, zoals kleine lekkages. De effectafstanden van de afzonderlijke brandstofinstallaties zijn echter gebaseerd op scenario's die relevant zijn voor de omgevingsveiligheid (bandbreedte 10^{-7} – 10^{-5}/jaar). In deze scenario's komen (veel) grotere hoeveelheden brandstof vrij.

5 Resultaten risicoberekeningen

Dit hoofdstuk gaat in op onderzoeksvraag 4a: *(a) Wat zijn de "overall" externe veiligheidsafstanden (dat wil zeggen, de afstanden tot PR 10^{-6}) voor multi-fuel tankstations als de risico's van de verschillende activiteiten worden opgeteld?*

5.1 Inleiding

Het falen van één installatie met gevaarlijke stoffen kan leiden tot het falen van een naburige installatie met gevaarlijke stoffen. Dit wordt een domino-effect genoemd. Door het toepassen van interne veiligheidsafstanden tussen de installatie-onderdelen, wordt de kans op een domino-effect verkleind. Voor de afzonderlijke brandstofinstallaties van een MFT zijn interne veiligheidsafstanden voorgeschreven in de PGS-richtlijnen (zie Hoofdstuk 2). Om deze reden worden domino-effecten niet expliciet meegenomen in een QRA. Wel worden de risico's van verschillende installaties en onderdelen bij elkaar opgeteld. Dit kan leiden tot een hoger totaalrisico wanneer installaties van verschillende brandstoffen bij elkaar in de buurt worden geplaatst.

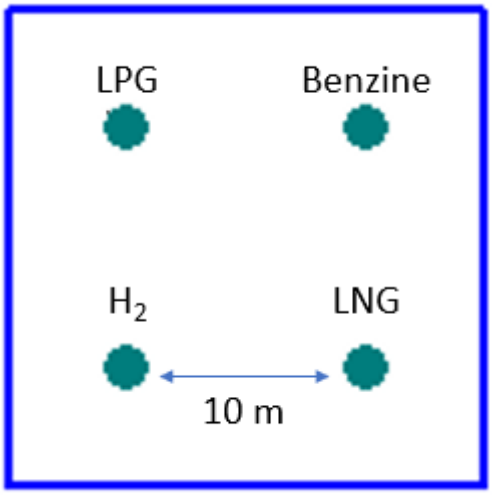
Een beschrijving van de verschillende activiteiten is opgenomen in Hoofdstuk 3. Voor de doorzet van de verschillende activiteiten is gebruik gemaakt van het Panteia-rapport "Multi Fuel Tankstations, Effecten op Basisnet (14 oktober 2020)" [5]. Hierbij is uitgegaan van het, zoals het in het Panteia-rapport wordt genoemd, 'optimistische' doorzetscenario voor 2030. In dit scenario worden de doelstellingen van het Klimaatakkoord gehaald. Het gebruik van benzine, diesel en LPG neemt daarin af ten opzichte van het huidige verbruik. Het gebruik van LNG/CNG en waterstof neemt in dat scenario juist toe.

Voor de risicoberekeningen is uitgegaan van een MFT waarbij de verschillende brandstofinstallaties op 10 meter van elkaar zijn geplaatst, zie Figuur 1. De verlading vindt ook op deze coördinaten plaats. Met deze benadering wordt inzichtelijk gemaakt in hoeverre het optellen van de risico's van verschillende installaties en onderdelen leidt tot een hoger totaalrisico.

Er zijn geen ontstekingsbronnen gebruikt in de berekeningen. Dit betekent dat er geen rekening is gehouden met ontstekingbronnen die op of in de buurt van de locatie aanwezig kunnen zijn. Voor de risicoberekeningen ontsteekt een ontvlambare wolk bij de grootste wolkomvang, bij de afwezigheid van ontstekingbronnen.

Voor de modellering van waterstof voor de risicoberekeningen zijn in Safeti-NL twee aanpassingen gemaakt, omdat de effecten van de waterstoffakkel voor bovengrondse uitstromingen worden onderschat in Safeti-NL. Voor het fakkelmodel is nu de Chamberlain-correlatie gekozen en het maximaal emitterend vermogen (SEP) aan het oppervlak van een fakkel is verhoogd tot 1000 kW/m^2. Deze aanpassingen in de modellering zijn voorgesteld door DNV GL in de Virtual software user seminar van DNV GL van 3 en 4 november 2020. Deze aanpassing heeft

voor het MFT ten opzichte van de standaard aanpak in Safeti-NL overigens nauwelijks effect.



Figuur 1 Opzet van het MFT. De vier afzonderlijke brandstofinstallaties zijn 10 meter uit elkaar geplaatst.

Uitgaande van een doorzet van 5000 m^3 LNG/CNG is naar verhouding de doorzet van de overige brandstoffen bepaald op basis van het Panteia-rapport, zie Tabel 1 [5]. Zie voor verdere uitleg zie Bijlage 3.

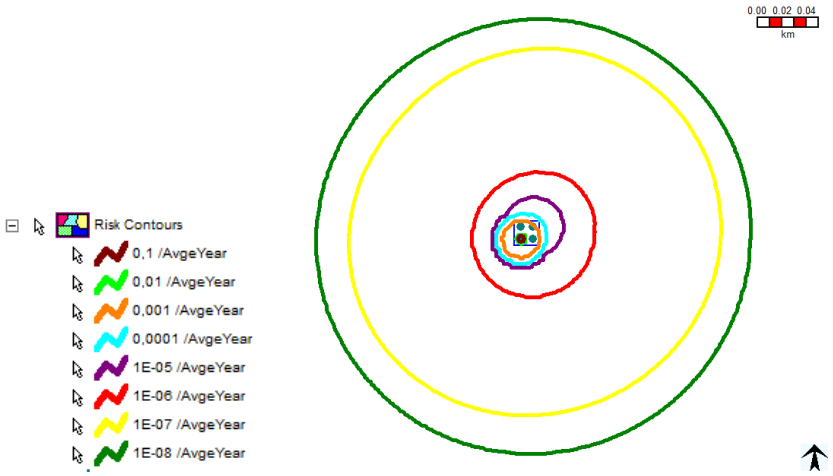
Tabel 1 Gehanteerde doorzetten per activiteit voor de risicoberekeningen ('optimistisch 2030').

	m^3 doorzet
Benzine	1833
LPG	57
LNG/CNG	5000
Waterstof	2033

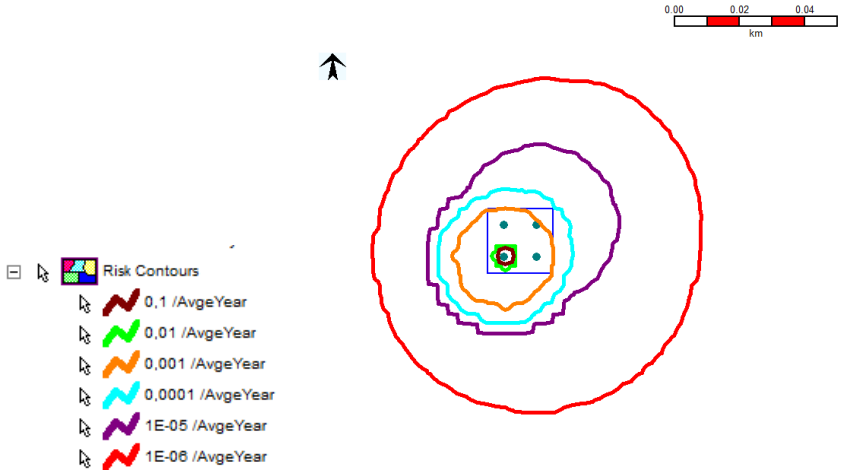
5.2 Resultaten van de risicoberekeningen

De resultaten van de berekeningen voor de doorzet uit Tabel 1 zijn hieronder weergegeven. Figuur 2 toont de risicocontouren voor een MFT tot en met de PR 10^{-8}. Figuur 3 toont dezelfde risicocontouren tot en met PR 10^{-6}. De doorsnede van de PR 10^{-6} bedraagt ongeveer 100 m, 50 m vanaf het midden van het tankstation.

De schaalbalk in alle figuren is 50 m.

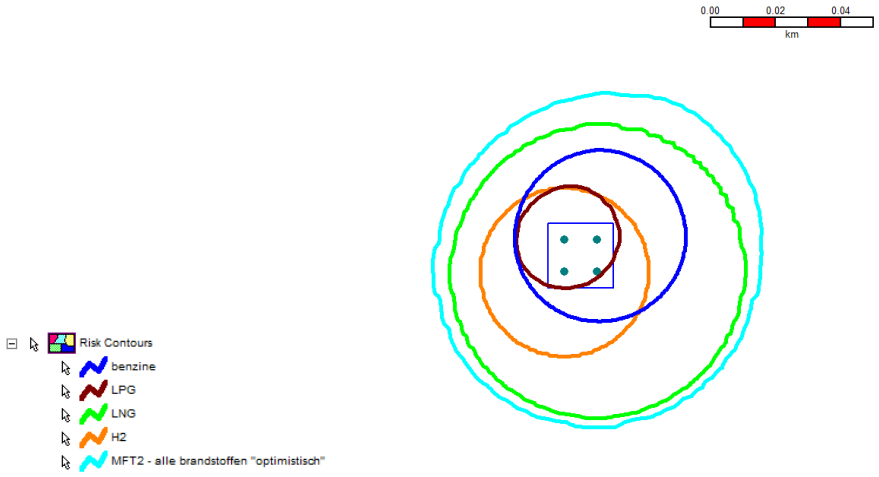


Figuur 2 Risicocontouren voor het MFT (tot en met PR 10^{-8}), risicoberekening voor doorzet 'optimistisch' 2030.



Figuur 3 Risicocontouren voor het MFT (tot en met PR 10^{-6}), risicoberekening voor doorzet 'optimistisch' 2030. De doorsnede van de PR 10^{-6} (rood) bedraagt ongeveer 100 m.

De PR 10^{-6} contouren van de verschillende activiteiten afzonderlijk en de gesommeerd contour zijn weergegeven in Figuur 4. In Figuur 4 is te zien dat de PR 10^{-6} contour voor LNG (groen) het grootst is. De doorsnede van de PR 10^{-6} contour voor LNG bedraagt ongeveer 90 m. LNG draagt het meest bij aan het totale risico van het tankstation. Dit is verder uitgelegd in Bijlage 4. De gesommeerde PR 10^{-6} (lichtblauw) is groter dan de contouren van de afzonderlijke brandstofinstallaties. Het opgetelde risico van vier brandstofinstallaties is dus hoger dan het risico van de afzonderlijke installaties. De doorsnede van de PR 10^{-6} contouren voor LPG, benzine en waterstof bedragen respectievelijk 30, 50 en 50 m.



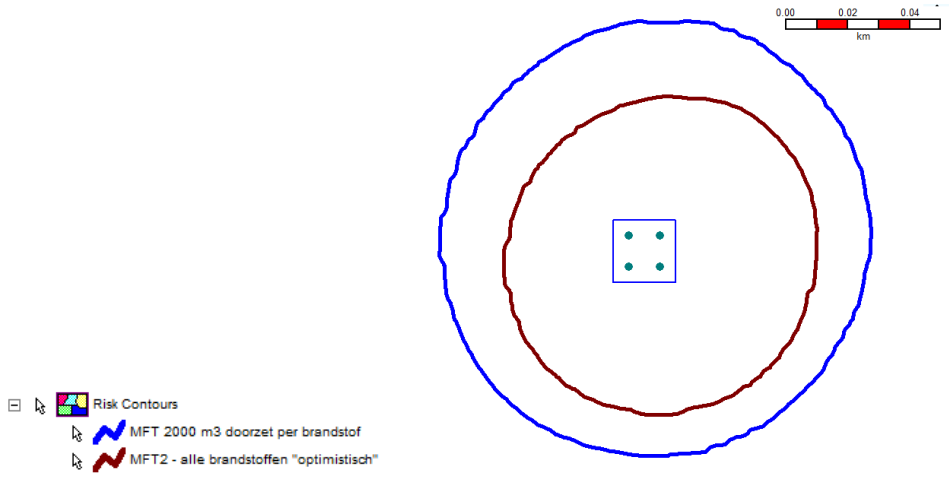
Figuur 4 PR 10^{-6} per activiteit en gesommeerd over de activiteiten, voor doorzet 'optimistisch' 2030.

Om de bijdrage van de verschillende scenario's te bekijken zijn de percentuele bijdragen aan het risico op de locatie (-50,0) vergeleken. De ligging van dit zogenaamde risk ranking point is weergegeven in Figuur 8 in Bijlage 4. Het totaalrisico op dit punt is $8{,}9 \times 10^{-7}$ per jaar en de percentuele bijdrage van de afzonderlijke scenario's is gegeven in Tabel 2. Hieruit blijkt dat de vijf scenario's die het meest bijdragen aan het risico een scenario met LNG of LPG betreffen.

Tabel 2 Percentuele bijdrage van de vijf meest bijdragende scenario's aan het risico op locatie (-50,0), 50 m ten westen van het middelpunt van het tankstation. Het totaalrisico op dit punt is $8{,}9 \times 10^{-7}$ per jaar. Het risk ranking point is weergegeven in Figuur 8 in Bijlage 4.

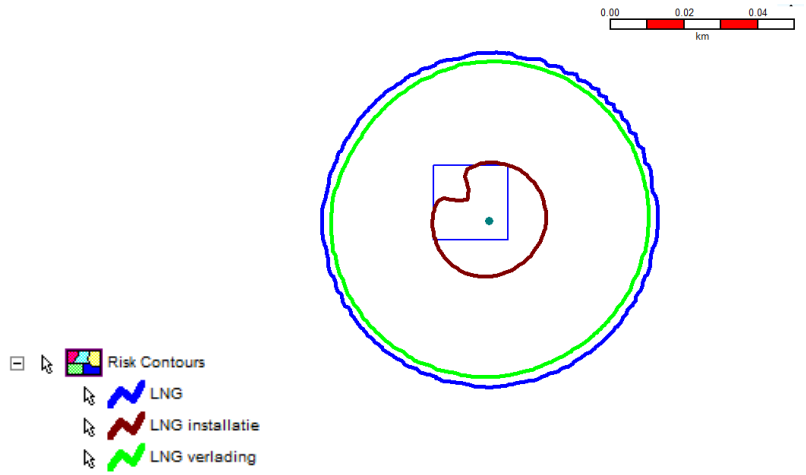
Scenario	**Bijdrage risico (%)**
LNG opslagvat – instantaan falen	47
LPG opslagvat – instantaan falen	25
LNG - BLEVE tankauto	11
LNG opslagvat - 10 min. uitstroom	5,7
LNG verlading tankauto - slangbreuk	4,3

In Figuur 5 is de PR 10^{-6} contour voor de doorzet uit Tabel 1 vergeleken met een doorzet waarbij alle brandstoffen dezelfde doorzet van 2000 m^3 hebben. De PR 10^{-6} voor het scenario met een doorzet van 2000 m^3 per brandstof is groter dan de PR 10^{-6} voor het scenario 'optimistisch' 2030 (Tabel 1). De doorsnede van de PR 10^{-6} waarin alle brandstoffen dezelfde doorzet hebben bedraagt ongeveer 140 m. In dit scenario draagt LPG het meest bij aan het risico, gevolgd door LNG. In Bijlage 4 is dit verder verduidelijkt.



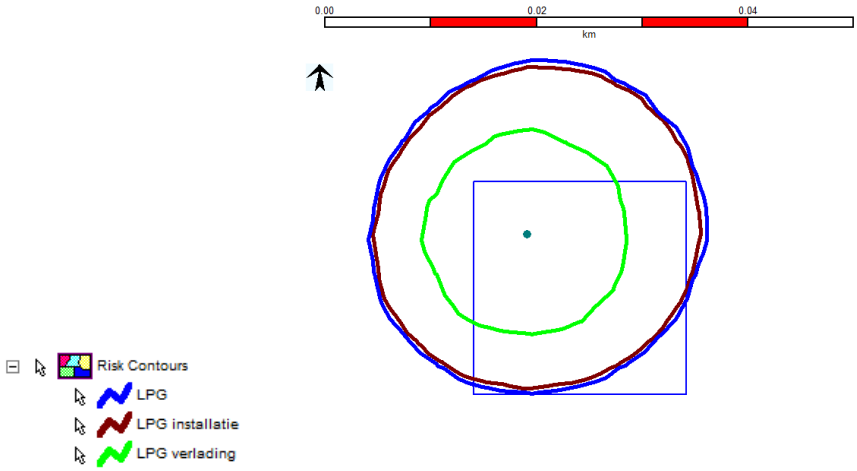
Figuur 5 PR 10^{-6} voor een MFT met doorzet 'optimistisch' 2030 en doorzet van 2000 m^3 per activiteit.

LPG en LNG dragen het meest bij aan het risico op de PR 10^{-6}, daarom is hieronder voor deze twee brandstoffen de bijdrage van zowel de installatie als de verlading in beeld gebracht. Figuur 6 toont de PR 10^{-6} contouren voor de LNG-installatie, de LNG-verlading en het totaal voor LNG voor het scenario 'optimistisch' 2030. In de figuur is te zien dat het totaalrisico van LNG voornamelijk bepaald wordt door de verlading.



Figuur 6 PR 10^{-6} voor de LNG-installatie, de verlading en het totaal voor LNG voor het scenario 'optimistisch' 2030.

Figuur 7 toont de PR 10^{-6} contouren voor de LPG-installatie, de LPG-verlading en het totaal voor LPG voor het scenario 'optimistisch' 2030. In de figuur is te zien dat het totaalrisico van LPG grotendeels bepaald wordt door de installatie. Dit komt doordat de doorzet van LPG in het scenario 'optimistisch' 2030 relatief laag is. Bij een hogere doorzet van LPG zal de bijdrage aan het risico door de verlading hoger worden. Ook de PR 10^{-6} contour zal bij een grotere doorzet van LPG groter worden.



Figuur 7 PR 10^{-6} voor de LPG-installatie, de verlading en het totaal voor LPG voor het scenario 'optimistisch' 2030.

5.3 Discussie

Uit de resultaten van de verkennende berekeningen komen we tot de volgende aandachtspunten:

- Wanneer we uitgaan van een doorzet voor het MFT gebaseerd op de brandstof-mix 'optimistisch 2030', zien we dat de PR 10^{-6} per jaar van het MFT voornamelijk bepaald wordt door LNG.
- De resultaten zijn gevoelig voor de aangenomen doorzet. In het scenario 'optimistisch' 2030 is ook de doorzet van LNG het grootst. Wanneer we uitgaan van een gelijke doorzet van 2000 m^3 voor alle brandstoffen, dan wordt de PR 10^{-6} per jaar groter, en voornamelijk bepaald door LPG.

6 Conclusies en aanbevelingen

In het onderzoek is bekeken wat de risico- en effectafstanden zijn voor MFT's, en in hoeverre het risico van een MFT groter is dan het risico van de afzonderlijke brandstofinstallaties. Daarnaast is onderzocht welke interne veiligheidsafstanden toegepast kunnen worden. Het onderzoek leidt tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

1. Voor MFT's kunnen dezelfde interne veiligheidsafstanden gehanteerd worden als de afstanden die de PGS-richtlijnen reeds voorschrijven voor de afzonderlijke brandstofinstallaties waaruit een MFT is samengesteld.
2. De effectafstanden variëren per type brandstof, waarbij de grootste effectafstand wordt veroorzaakt door de scenario's waarbij de tankauto faalt.
3. De effectafstanden zijn aanzienlijk groter dan de interne veiligheidsafstanden doordat de interne veiligheidsafstanden gebaseerd zijn op scenario's met een faalfrequentie binnen de bandbreedte 10^{-5} - 10^{-3}/jaar. De effectafstanden van de afzonderlijke brandstofinstallaties zijn echter gebaseerd op scenario's die relevant zijn voor de omgevingsveiligheid (bandbreedte 10^{-7} – 10^{-5}/jaar).
4. De externe veiligheidsafstanden tot de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar zijn groter dan de afstanden van de afzonderlijke brandstoffen. De risicocontouren zijn afhankelijk van de doorzet. Bij gelijke doorzet voor alle brandstoffen wordt de externe veiligheidsafstand tot 10^{-6} per jaar bepaald door LPG, in het 'optimistische' scenario door LNG.
5. De risicoberekeningen zijn uitgevoerd voor twee verschillende brandstofmixen. In beide gevallen blijkt één type brandstof bepalend voor de externe veiligheidsafstand tot PR 10^{-6} per jaar. Het is echter niet duidelijk of er toch praktijksituaties kunnen optreden waarbij dit niet het geval is. Dit zou bijvoorbeeld kunnen als de doorzet van LNG en LPG qua grootte orde vergelijkbaar zijn. Aanbevolen wordt te verkennen of er praktijksituaties kunnen optreden waarbij de externe veiligheidsafstanden tot de PR 10^{-6} significant groter zijn dan de afstanden van de afzonderlijke brandstofinstallaties.

7 Referenties

[1] "LPG: Afleverinstallaties, PGS 16, versie 1.0," 2010, p. 41.
[2] Energy Institute, "Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations, Model code of safe practice part 19," 2012.
[3] EIGA, "Determination of safety distances," 2007.
[4] RIVM, "Risico- en effectafstanden waterstoftankstations," 2016.
[5] Panteia, "Multi Fuel Tankstations, Effecten op Basisnet," 2020.

Bijlage 1 Analyse interne veiligheidsafstanden PGS-richtlijnen ten behoeve van een multi-fuel tankstation (behorende bij onderzoeksvraag 3)

Deze bijlage bevat per relevante PGS-richtlijn een tabel met daarin de voorgeschreven interne veiligheidsafstanden. Op basis van de afzonderlijke tabellen is vervolgens een tabel 'TOTAALOVERZICHT' samengesteld, met daarin de aan te houden afstanden tussen de afzonderlijke installaties die gezamenlijk een MFT vormen.

1. PGS 16-NS:2020

Tabel 3 LPG-tankstations (publiek-toegankelijk)

Afstand tussen	Maatregelnr.	Afstand	Opmerking	Maatgevend scenario
Waterputten, kolken, aanzuigopeningen < 1,5 m, kelders etc. – LPG-reservoir*, opstelplaats tankwagen, aflevertoestellen, vulpunt	48	5 m	Afstand is gebaseerd op vrijkomen 15 kg vloeibaar LPG, met vertraagde ontsteking.	Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
Vulpunt, opstelplaats tankwagen, reservoir – ander bovengronds LPG-reservoir	51	15 m	Deze afstand is niet relevant voor MFTs (bovengronds LPG-reservoir komt daar niet voor)	Brand in de opslag GS waardoor aanstraling LPG-installatie.
Vulpunt, opstelplaats tankwagen, LPG-reservoir – opslag GS (evt. in verkoopruimte)	52	15 m	7,5 m bij brandwerendheid >60 min.	Brand in de opslag GS waardoor aanstraling LPG-installatie.
LPG-reservoir – verkoopruimte, erfgrens (tenzij geen bebouwing toegestaan)	53	5 m	Afstand is gebaseerd op lekkage 15 kg vloeibaar LPG, met vertraagde ontsteking.	Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
LPG-reservoir – aflevertoestellen,	54	5 m		Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare

Afstand tussen	Maatregelnr.	Afstand	Opmerking	Maatgevend scenario
opstelplaatsen voertuigen				wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
LPG-reservoir – gebouwen behorend tot tankstation, niet zijnde verkoopruimte of bedrijfswoning	55	15 m	7,5 m bij brandwerendheid >30 min.	Brand in gebouw waardoor aanstraling LPG-installatie.
LPG-reservoir – vulpunt, opstelplaats tankwagen	56	15 m		Fakkel uit veerveiligheid ondergronds LPG-reservoir.
LPG-reservoir – ander ondergronds reservoir	57	Te bepalen	Straal van het grootste reservoir. Deze afstand is bedoeld om onderlinge beïnvloeding van de kathodische bescherming te voorkomen.	Strikt genomen geen veiligheidsafstand.
Aflevertoestel – gebouwen behorend tot tankstation	58	Lengte afleverslang + 2 m		Vrijkomen LPG vanuit de nozzle.
Aflevertoestel – erfgrens (tenzij geen bebouwing toegestaan)	59	5 m		Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
Vulpunt – gebouwen behorend tot tankstation, erfgrens	60	5 m		Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario

Afstand tussen	Maatregelnr.	Afstand	Opmerking	Maatgevend scenario
				bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
Vulpunt - aflevertoestellen	61	5 m		Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
Opstelplaats tankwagen – gebouwen behorend tot tankstation	64, 65	De hoogte van het gebouw, max. 20 m	Afstand halveren bij brandwerendheid > 30 min.	Gebouwbrand waardoor de LPG-tankwagen wordt aangestraald.
Opstelplaats LPG-tankwagen - aflevertoestellen	66	5 m		Breuk LPG-losslang geeft afstand brandbare wolk van max. 5 meter (15 kg vloeibaar LPG komt vrij in 5 s). Dit scenario is als generiek scenario bestempeld om de omgeving te beschermen tegen incidenten met LPG.
Afstand opstelplaats LPG-tankwagen – afstand opstelplaats andere brandstof	102	25 m	Geldt bij gelijktijdig lossen.	Algemene veiligheidsafstand, waarbij de LPG-tankwagen wordt aangestraald door een (benzine)-plasbrand.

*Ondergronds tenzij expliciet aangegeven dat het een bovengronds reservoir betreft.

Opmerkingen bij deze tabel:

- Het gelijkwaardigheidscriterium voor interne veiligheidsafstanden is 10 kW/m^2.
- Overal waar 'reservoir' staat wordt een ondergrondse LPG-opslagtank bedoeld, tenzij expliciet 'bovengronds' is vermeld.
- Voor eventueel bovengronds leidingwerk is het niet relevant gebleken veiligheidsafstanden op te nemen: *"[…] in het leidingwerk [zijn] terugslagkleppen en doorstroombegrenzers aanwezig waardoor de uitstroming van propaan bij een breuk van de leiding beperkt zal blijven tot een geringe hoeveelheid propaan. Bij een lek van de leiding zal de uitstroming van beperkte aard en duur zijn. Daarom mag worden aangenomen dat deze kleine lekkages kunnen leiden tot mogelijk kortdurende*

branden die niet leiden tot interne domino-effecten op het reservoir."

- In PGS 16:2010 stond: *"Omdat de bestaande veiligheidsafstanden voor LPG-afleverinstallaties vaste afstanden betreffen die onafhankelijk zijn van de feitelijke situatie, wordt in deze richtlijn [PGS 16:2010] niet verder ingegaan op de scenario's die kunnen worden gebruikt voor het vaststellen van deze afstanden. […] Herberekeningen zouden kunnen leiden tot kleinere interne afstanden. Het gevolg daarvan is, dat LPG-afleverinstallaties compacter kunnen worden gebouwd, waarbij de kans op domino-effecten toe zou kunnen nemen. Dit laatste betekent dat externe veiligheidsafstanden toe zouden kunnen nemen. Dit is ongewenst. […] De aanpak ten aanzien van de interne afstanden voor LPG-afleverinstallaties wijkt af van de aanpak voor andere propaaninstallaties, die is beschreven in PGS 19. De reden daarvan is dat het merendeel van de LPG-afleverinstallaties aanwezig is bij tankstations, waarop het Besluit LPG-tankstations milieubeheer van toepassing is. Dit zijn homogene situaties, waarvoor het mogelijk en gewenst is uit te gaan van vaste afstanden. Ook vanwege het openbare karakter en de aanwezigheid van publiek is het daar belangrijk dat de afstanden vastliggen en er geen aanleiding is om bij een wijziging van de omstandigheden de afstanden aan te passen. […] Uitgangspunt bij het toepassen van PGS-richtlijnen is het gelijkwaardigheidsbeginsel […]. Echter voor homogene situaties zoals bij een LPG-tankstation, waar veiligheidsaspecten door vaste afstanden zijn geregeld, is het ongewenst dat het gelijkwaardigheidsbeginsel wordt toegepast en van de vaste afstanden wordt afgeweken. Belangrijke reden daarvoor is dat het verkleinen van noodzakelijke interne afstanden op basis van een berekening kan leiden tot het compacter worden van een LPG-afleverinstallatie. Dit heeft als gevolg dat externe veiligheidsafstanden toe zouden kunnen nemen. Deze lijn is reeds vastgelegd voor de externe afstanden voor LPG-tankstations, zoals opgenomen in de regeling externe veiligheid inrichtingen. Om deze reden is het niet mogelijk van de [voorgeschreven] interne veiligheidsafstanden af te wijken."*
  In PGS 16-NS zijn wel (kwalitatieve) scenario's 'gekoppeld' aan de interne veiligheidsafstanden, echter zonder de afstanden te herberekenen. Deze zijn één-op-één overgenomen uit PGS 16:2010.
- De opstelplaats van de tankwagen wordt beschouwd als een bovengronds reservoir met het grote verschil dat de tankwagen incidenteel, gedurende korte tijd, aanwezig is.
- ATEX-zonering is bedoeld ter bescherming van werknemers in de normale bedrijfssituatie, niet ter voorkoming van verdere escalatie.

PGS 25:2020 (interimversie[7])

Tabel 4 CNG-tankstations

Indien sprake van gasvormig waterstof, afstand tussen*	**Maatregel-nr.**	**Afstand**	**Opmerking**	**Maatgevend scenario**
Bufferopslag – opstelplaatsen vloeibare brandstof tankende voertuigen	3.4.1	5 m		Brand op opstelplaats voor vloeibare brandstof.
Compressor – opstelplaatsen vloeibare brandstof tankende voertuigen	3.4.1	5 m		Brand op opstelplaats voor vloeibare brandstof.
Bufferopslag - erfgrens	3.4.2	3 m	1 m bij brandwerend heid > 60 min.	Brand op belendend perceel.
Compressor - erfgrens	3.4.2	3 m	1 m bij brandwerend heid > 60 min.	Brand op belendend perceel.
Bufferopslag – afleverpunt of ontvangpunt andere brandstof (Voor LPG geldt afstand PGS 16)	5.4.1	5 m	Geen afstand indien brandwerend heid > 60 min.	Brand straalt bufferopslag aan.
Bufferopslag – LPG-afleverpunt of -ontvangstpunt	5.4.1	Afstanden volgens PGS 16		Brand straalt bufferopslag aan.

Opmerkingen bij deze tabel:

- Bij het bepalen van de interne veiligheidsafstanden is de CNG-installatie alleen als risico-ontvanger bestempeld, niet als risicobron.
- Opgemerkt wordt dat bepaalde interne veiligheidsafstanden in PGS 25 afwijken van de interne veiligheidsafstanden in annex B van NEN-EN-ISO 16923:2018. Zo stelt deze norm dat de bufferopslag, compressor en dispensers minimaal 5 meter van de erfgrens moeten liggen. Onderbouwing van de afstanden in de norm ontbreekt.
- Onderdelen van de CNG-afleverinstallatie moeten met name worden beschermd tegen ontoelaatbare warmtestraling van een brand in de omgeving. De daartoe in acht te nemen minimale interne afstanden tot brandbare objecten worden bepaald door twee scenario's:
  1. een plasbrand, met warmtestraling van een brandend horizontaal vlak, bijvoorbeeld een plas brandende vloeistof; of
  2. een gevelbrand, met warmtestraling van een brandend verticaal vlak, bijvoorbeeld een gebouw.
- Als grenswaarde wordt een warmtestralingsintensiteit van 10 kW/m^2 gehanteerd.

[7] Momenteel wordt PGS 25 omgezet naar de nieuwe stijl. In hoeverre deze omzetting leidt tot wijzigingen in de voorgeschreven interne afstanden bij CNG-installaties is nog niet bekend.

2. PGS 28-NS:2020
Benzine/diesel-tankstations (publiek toegankelijk)

Opmerkingen:
- Geen interne veiligheidsafstanden vanwege aanstraling van de installatie (risico-ontvanger).
- Ook geen interne veiligheidsafstanden voor aanstraling door de installatie (risicobron) richting shop/kiosk, luifel, bedrijfswoning, werkplaats en opstelplaatsen voor tankende voertuigen.
- Objecten die volgens PGS 28 wel moeten worden beschermd zijn de tankwagen en opslagen van gevaarlijke stoffen. Hierbij wordt vervolgens verwezen naar het ADR (beschermen tankwagen door chauffeur) en naar PGS 15 (beschermen opslagen gevaarlijke stoffen).

Reden dat er geen interne veiligheidsafstanden zijn: de bovengrondse onderdelen van de installatie bevatten zodanig weinig brandbare vloeistof dat die nagenoeg geen invloed hebben op een brand.

3. PGS 30-NS:2020
Bovengrondse opslag van diesel komt (vrijwel) niet voor bij publiek-toegankelijke tankstations. Om die reden wordt PGS 30 hier verder niet behandeld.

4. PGS 33-1 NS:2020
Tabel 5 LNG-tankstations

Afstand tussen	**Maatregelnr.**	**Afstand**	**Opmerking**	**Maatgevend scenario**
LNG-installatie* – LNG-dispenser	103	0 m	LNG-installatie is de bepalende risicobron	1 mm gat in installatie
LNG-installatie - Verkoopruimte	103	3 m	LNG-installatie is de bepalende risicobron	1 mm gat in installatie
LNG-installatie – Overige kwetsbare onderdelen binnen de inrichting**	103	3 m	LNG-installatie is de bepalende risicobron	1 mm gat in installatie
LNG-installatie - Erfgrens	103	3 m	LNG-installatie is de bepalende risicobron	1 mm gat in installatie
LNG-installatie – LNG-vulpunt	103	10 m	LNG-vulpunt is de bepalende risicobron	5 mm gat losslang. Aansluiting op de LNG-tankwagen is het referentiepunt voor het vulpunt.
LNG-vulpunt – LNG-dispenser	103	0 m	LNG-vulpunt is de bepalende risicobron	5 mm gat losslang. Aansluiting op de LNG-tankwagen is het referentiepunt voor het vulpunt.
LNG-vulpunt - verkoopruimte	103	15 m	LNG-vulpunt is de bepalende risicobron	5 mm gat losslang. Aansluiting op de LNG-tankwagen is het referentiepunt voor

Afstand tussen	Maatregelnr.	Afstand	Opmerking	Maatgevend scenario
				het vulpunt.
LNG-vulpunt – Overige kwetsbare onderdelen binnen de inrichting**	103	15 m	LNG-vulpunt is de bepalende risicobron	5 mm gat losslang. Aansluiting op de LNG-tankwagen is het referentiepunt voor het vulpunt.
LNG-vulpunt - Erfgrens	103	3 m	LNG-vulpunt is de bepalende risicobron	5 mm gat losslang. Aansluiting op de LNG-tankwagen is het referentiepunt voor het vulpunt. Specifieke situaties kunnen aanleiding geven af te wijken van de voorgeschreven afstand.
LNG-installatieonderdeel – Riolen en kelders	105	5 m		Standaard afstand, geen specifiek scenario.

* Onder LNG-installatie wordt verstaan: de bovengrondse LNG-opslagtank en de LNG-dispensers. Max. één LNG-opslagtank.
** Hiertoe behoren o.a.: een opslag van gevaarlijke vaste, vloeibare en gasvormige stoffen of een gebouw/bedrijfswoning. Wanneer het overige kwetsbare object tevens risicobron is waarvoor interne veiligheidsafstanden gelden, dan moet de grootste afstand worden aangehouden.

Algemene opmerkingen bij deze tabel:

- De interne veiligheidsafstanden zijn gebaseerd op één van de volgende twee maatgevende scenario's[8]:
  1. Een lek met een bronsterkte van 10 g LNG/s (1 mm gat);
  2. Uitstroom van LNG uit de losslang tijdens verlading (5 mm gat).

  De interne afstand voor laagliggende riolen en kelders komt niet voort uit de bovenstaande twee scenario's. Maar uit voorzorg is besloten hier dezelfde afstand te hanteren als in andere PGS'en.
- Tussen de LNG-opslagtank, de LNG-buffertanks, de daarbij horende verdampers, pompen en leidingwerk, alsmede de LNG-dispenser worden geen veiligheidsafstanden toegepast (0 meter).
- Bij de dubbelwandig uitgevoerde LNG-installatieonderdelen is ervan uitgegaan dat deze bestand zijn tegen een warmtestralingsflux van 35 kW/m^2. Voor overige aangestraalde kwetsbare objecten (die niet extra beschermd zijn) is een warmtestralingsbelasting van maximaal 10 kW/m^2 aangehouden. Bij het gekozen maatgevende scenario wordt geen relevante

[8] Conform het document: *Bepaling interne veiligheidsafstanden voor LNG-tankstations ten behoeve van de in ontwikkeling zijnde PGS 33* (2013), PGS 33-werkgroep.
De werkgroep heeft conform de EIGA-systematiek ervoor gekozen om scenario's te selecteren met een frequentie van in de orde van 10^{-3} per jaar. Ongevalsscenario's als (kleine) lekkages komen dan in beeld omdat deze met genoemde relevante frequentie voorkomen.

LNG-plas verwacht. Daarom is geen rekening gehouden met een LNG-plasbrand.

- Aangegeven is dat wanneer binnen een inrichting naast een LNG-tankstation ook andere gevarenbronnen aanwezig zijn (bijvoorbeeld een benzine-, LPG- of CNG-tankstation of een gebouw met opslag van brandbare materialen), dienen de interne veiligheidsafstanden die bij die gevarenbronnen horen, ongewijzigd te worden toegepast naar LNG-installatieonderdelen, met als uitgangspunt dat de LNG-installatieonderdelen een warmtestralingsflux van 35 kW/m^2 kunnen hebben. Voor dubbelwandige opslagsystemen zijn testen uitgevoerd waaruit blijkt dat deze een brand kunnen weerstaan van minimaal 650 °C gedurende minimaal een 30 minuten bij gebruik van perliet als isolator. Daarbij geldt de grootste afstand als maatgevend voor de onderlinge scheiding tussen beide installaties. Uitgangspunt is dat er één LNG-opslagtank is (bij meerdere opslagtanks valt de inrichting waarschijnlijk onder het Brzo en kunnen de interne afstanden op basis van een specifieke risicoanalyse worden bepaald).
- Wat opvalt is dat de minimale afstand van het LNG-vulpunt tot de erfgrens (3 meter) kleiner is dan de minimale afstand die aangehouden dient te worden tot kwetsbare objecten binnen dezelfde inrichting (15 meter). In versie 2013 van PGS 33-1 staat een opmerking dat in specifieke situaties een nadere risicoanalyse moet uitwijzen in hoeverre een afstand van 3 meter tot de erfgrens volstaat. In versie 2020 staat deze opmerking niet meer. De reden hiervoor is niet gegeven.
- Ten slotte wordt opgemerkt dat sommige interne veiligheidsafstanden in PGS 33-1 afwijken van de interne veiligheidsafstanden in annex B van NEN-EN-ISO 16924:2018. Onderbouwing van de afstanden ontbreken in de norm.

5. PGS 35-NS:2020

Tabel 6 Waterstof-tankstations

Indien sprake van gasvormig waterstof, afstand tussen*	**Maatregel-nr.**	**Afstand**	**Opmerking**	**Maatgevend scenario**
Aanvoerleiding waterstof (0,75 inch/100 bar) – erfgrens	63	2,5 m		Lekkage aanvoerleiding
Opstelplaats batterijwagen (200 bar) - erfgrens	63	5,5 m		Lekkage losslang
Opstelplaats batterijwagen (500 bar) - erfgrens	63	8,5 m		Lekkage losslang
Waterstofinstallatie (450 bar) - erfgrens	63	2,5 m		Lekkage leiding achter compressor
Waterstofinstallatie (1000 bar) - erfgrens	63	4 m		Lekkage leiding achter compressor
Waterstofinstallatie – aanvoerleiding waterstof (0,75 inch/100 bar)	64	2,4 m		Lekkage aanvoerleiding
Waterstofinstallatie – opstelplaats batterijwagen (200 bar)	64	5 m		Lekkage losslang
Waterstofinstallatie – opstelplaats	64	8 m		Lekkage

Indien sprake van gasvormig waterstof, afstand tussen*	**Maatregel-nr.**	**Afstand**	**Opmerking**	**Maatgevend scenario**
batterijwagen (500 bar)				losslang
(Beperkt) kwetsbaar object – aanvoerleiding waterstof (0,75 inch/100 bar)	65	2,5 m		Lekkage aanvoerleiding
(Beperkt) kwetsbaar object – opstelplaats batterijwagen (200 bar)	65	5 m		Lekkage losslang
(Beperkt) kwetsbaar object – opstelplaats batterijwagen (500 bar)	65	8 m		Lekkage losslang
(Beperkt) kwetsbaar object – waterstofinstallatie (450 bar)	65	2,5 m		Lekkage leiding achter compressor
(Beperkt) kwetsbaar object – waterstofinstallatie (1000 bar)	65	3,5 m		Lekkage leiding achter compressor
Ligging leidingen - waterstofinstallatie	66	Nader te bepalen	Rekening houden met aanstraling door fakkelbrand	
Ligging leidingen – kwetsbare objecten	66	Nader te bepalen	Rekening houden met aanstraling door fakkelbrand	
Mobiele opslag of gasflessenpakket - erfgrens	69	< 3 kW/m^2		
Mobiele opslag of gasflessenpakket – kwetsbare objecten	69	< 10 kW/m^2		

*Afwijken van de voorgeschreven interne afstand is toegestaan, zolang wordt aangetoond dat de warmtestraling buiten de erfgrens < 3 kW/m^2 en < 10 kW/m^2 op kwetsbare objecten binnen de erfgrens. Voor vloeibaar waterstof gelden ook deze grenzen.

Algemene opmerkingen bij deze tabel:

- De onderbouwing voor de interne afstanden in de tabel is vastgelegd in het achtergronddocument '*Internal Safety Distances for PGS 35 (versie 1.0)*'.
- Opgemerkt wordt dat in norm NEN-ISO 19880-1:2020 een tabel staat (annex A.2.2) met daarin de interne veiligheidsafstanden zoals die in verschillende landen worden toegepast. Opvallend zijn de soms grote verschillen.

TOTAALOVERZICHT

Tabel 7 Interne afstanden tussen de afzonderlijke PGS-installaties in een MFT

Naar / Van	PGS 16	PGS 25	PGS 28	PGS 33-1	PGS 35	Erfgrens	Gebouw	Opslag GS/ Gebouw met GS
PGS 16	x	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	Specifiek afleverzuil: lengte afleverslang + 2 m	5 m
PGS 25*	-	x	-	-	-	-	-	-
PGS 28 **	-	5 m (specifiek de opstelplaats en voor vloeibaar tanken)	x	-	-	-	-	-
PGS 33-1	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen	x	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/o-pstelplaats tankwagen	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen	3 m (LNG-installatie m.u.v. LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen) 15 m voor LNG-vulpunt/op-stelplaats tankwagen
PGS 35	Tussen 2,5 en 8,5 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel	Tussen 2,5 en 8,5 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel	- Tussen 2,5 en 8,5 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel	Tussen 2,5 en 8,5 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel	x	Tussen 2,5 en 8,5 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel	Tussen 2,5 en 8 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel	Tussen 2,5 en 8,5 m, afhankelijk van het installatie-onderdeel

Naar / Van	PGS 16	PGS 25	PGS 28	PGS 33-1	PGS 35	Erfgrens	Gebouw	Opslag GS/ Gebouw met GS
Erfgrens	-	3 m	-	3 m	-	x	-	-
Gebouw	Max. 20 tot opstelplaats LPG-tankwagen	5 m	-	-	-	-	x	-
Opslag GS/ Gebouw binnen inrichting met GS	In beginsel 15 m	5 m	- (tenzij PGS 15-opslag, dan in beginsel 10 m)	"Afstand die hoort bij de opslag GS"	Niet gegeven	-	-	x

*Er gelden geen interne veiligheidsafstanden waarbij een PGS 25-installatie als risicobron wordt beschouwd.
**Conform PGS 28 gelden er geen interne veiligheidsafstanden voor een PGS 28-installatie. Evenwel stelt PGS 25 dat de afstand tussen een CNG-installatie (buffer en compressor) en een opstelplaats van vloeibare brandstof tankende voertuigen ten minste 5 meter moet bedragen.

Bijlage 2 Effectafstanden

LPG-installatie

Tabel 8 Maximale effectafstanden (m) voor de LPG-installatie

Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling (kW/m²)**			**Overdruk 0.3 bar**
		35	**10**	**3**	
O.1 opslagvat - instantaan falen	190	120	230	410	183
O.2 opslagvat - 10 minuten		20	40	70	
O.3 opslagvat - 10 mm gat		10	15	20	
O.4 vloeistofleiding - breuk		15	20	30	
O.5 vloeistofleiding - lek		5	5	10	
O.6 afleverleiding - breuk		15	20	30	
O.7 afleverleiding - lek		5	5	10	
T.1 tankauto instantaan vulgraad 100%	270	220	420	740	250
T.2 tankauto continu vulgraad 100%	190	110	140	190	150
B.1 BLEVE (warme) tijdens Verladen		220	420	740	
B.2 BLEVE (warme) vulgraad 100%		220	420	740	
B.3 BLEVE (warme) vulgraad 67%		200	370	650	
B.4 BLEVE (warme) vulgraad 33%		160	300	520	
B.5 BLEVE (koude) vulgraad 100%		190	370	650	
B.6 BLEVE (koude) vulgraad 67%		170	320	570	
B.7 BLEVE (koude) vulgraad 33%		130	250	440	
P.1 breuk pomp doorstroombegrenzer sluit	60	70	90	110	
P.2 breuk pomp door- stroombegrenzer sluit niet	100	70	90	110	
P.3 lek pomp	10	15	20	20	
L.1 breuk losslang doorstroombegrenzer sluit	50	50	60	80	
L.2 breuk losslang doorstroombegrenzer sluit niet	50	50	60	80	
L.3 lek losslang		10	15	15	

LNG-installatie

Tabel 9 Maximale effectafstanden (m) voor de LNG-installatie

Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling (kW/m²)**			**Overdruk 0.3 bar**
		35	**10**	**3**	
T.1 tankauto - instantaan falen	210	120	180	280	180
T.2 tankauto - grootste aansluiting	140	70	80	100	110
Standalone B.1 Bleve tankauto tgv verlading		160	310	540	
Standalone B.3 Bleve tankauto tgv externe impact		80	150	280	
P.1-2.5barg Breuk pomp, ingrijpen	70	100	120	160	80
P.2-2.5barg Breuk pomp, ingrijpen faalt	220	100	120	160	190
P.3-2.5barg Lek pomp	15	15	20	20	
L.1.1, L.4.1 Breuk slang, ingrijpen, terugstr. 5s	50	50	50	70	
L.1.2 , L2.2, L.4.2,L.5.2 Breuk slang terugstr. 1800s	120	60	70	90	100
L.2.1, L.5.1 Breuk slang, terugstr. 5s	90	50	50	70	
L.3, L.6 Lek slang of leiding		10	10	15	
O.1 Opslagvat - Instantaan falen	210	130	190	300	170
O.2 Opslagvat - 10 minuten uitstroming	190	90	110	140	160
O.3 Opslagvat - 10 mm lek	15	15	20	20	
P.3.1, P3.2 Pomp opslagvat - Breuk	90	50	60	70	
P3.3 Pomp opslagvat – Lek		10	10	15	
W9.1, W9.2 Warmtewisselaar - Breuk	20	30	30	40	
W18.1 Warmtewisselaar - Breuk, ingrijpen	20	30	30	40	
W18.1, W18.2 Warmtewisselaar - Breuk	20	30	40	50	
LOH.1b, LOH.2b Breuk leiding	30	20	30	30	
LOH.3b Lek leiding		5	5	5	
LHD9.1b, LHD9.2b Breuk leiding		20	20	30	
LHD9.3b Lek leiding		5	5	10	
LHD18.1b, LHD18.2b Breuk leiding		20	2	30	
LHD18.3b Lek leiding		5	10	10	
LD1.1, LD1.2, LD1.3 Breuk slang	20	20	30	30	
LD1.4 Lek slang		5	5	10	
LD2.1, LD2.2, LD2.3 Breuk slang	15	30	30	40	
LD3.4 Lek slang		5	10	10	
LOP.1b, LOP.2b Breuk leiding		20	30	30	
LOP.3b Lek leiding		5	5	5	
HP.1, HP.2 Hoge druk pomp - Breuk		20	30	30	
HP.3 Hoge druk pomp – Lek		5	5	5	
Wcng.1, Wcng.2 Warmtewisselaar - Breuk		20	30	30	

Waterstofinstallatie

Tabel 10 Maximale effectafstanden (m) voor de waterstofinstallatie

Variant 1 Aanlevering van gasvormig waterstof via pijpleiding of lokale productie					
Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling 35 kW/m²**	**Warmtestraling 10 kW/m²**	**Warmtestraling 3 kW/m²**	**Overdruk 0.3 bar**
Aanvoerleiding breuk - ESD slaagt		10	10	15	
Aanvoerleiding breuk - ESD faalt		10	10	15	
Leidingwerk 80 bar breuk - ESD slaagt		5	5	5	
Leidingwerk 80 bar breuk - ESD faalt		5	5	5	
Purifier instantaan		5	10	20	
Purifier 10 mm		10	10	20	
Compressor - breuk toevoerleiding - ESD slaagt		5	5	5	
Compressor - breuk toevoerleiding - ESD faalt		5	5	5	
Compressor - lek toevoerleiding					

Variant 2 Aanlevering van gasvormig waterstof via een tube- of cilindertrailer					
Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling 35 kW/m²**	**Warmtestraling 10 kW/m²**	**Warmtestraling 3 kW/m²**	**Overdruk 0.3 bar**
Tubetrailer instantaan, standalone Bleve bij brand tijdens verlading, brand in omgeving, externe beschadiging		40	70	120	30 (fysische explosie)
Tubetrailer grootste aansluiting		10	10	10	
Losslang		5	15	20	

Variant 2 Aanlevering van gasvormig waterstof via een tube- of cilindertrailer					
Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling 35 kW/m²**	**Warmtestraling 10 kW/m²**	**Warmtestraling 3 kW/m²**	**Overdruk 0.3 bar**
breuk - ESD slaagt					
Losslang breuk - ESD faalt		5	5	5	
Leidingwerk 80 bar breuk - ESD slaagt		5	5	5	
Leidingwerk 80 bar breuk - ESD faalt		5	5	5	
Purifier instantaan		5	10	20	
Purifier 10 mm		10	10	20	
Opslag 80 bar instantaan		60	110	200	40 (fysische explosie)
Opslag 80 bar 10 min		15	15	15	
Opslag 80 bar lek 10 mm		10	10	10	
Compressor - breuk toevoerleiding - ESD slaagt		5	5	5	
Compressor - breuk toevoerleiding - ESD faalt		5	5	5	

Variant 3 Aanlevering van vloeibaar waterstof per tankwagen					
Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling 35 kW/m²**	**Warmtestraling 10 kW/m²**	**Warmtestraling 3 kW/m²**	**Overdruk 0.3 bar**
Tankwagen instantaan	250	60	80	130	190
Tankwagen grootste aansluiting	10	5	10	10	
Leidingwerk vloeibaar breuk - ESD slaagt	15	20	20	30	
Leidingwerk vloeibaar breuk - ESD faalt	20	20	20	30	
Leidingwerk vloeibaar lek	5	5	5	5	
Purifier instantaan	5	10	15	30	

Variant 3 Aanlevering van vloeibaar waterstof per tankwagen					
Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling 35 kW/m²**	**Warmtestraling 10 kW/m²**	**Warmtestraling 3 kW/m²**	**Overdruk 0.3 bar**
Purifier 10 mm	20	15	15	30	
Compressor - breuk toevoerleiding - ESD slaagt	10	6	6	7	
Compressor - lek toevoerleiding					
Compressor - breuk toevoerleiding - ESD faalt	10	5	5	5	
Standalone Bleve tankwagen brand tijdens verlading, brand in omgeving		110	210	370	
Opslag vloeibaar instantaan	130	30	50	90	140
Opslag vloeibaar lek	5		5	5	
Tankwagen externe beschadiging	250	60	80	130	190
Leidingwerk 80 bar breuk - ESD slaagt	10	5	5	5	
Leidingwerk 80 bar breuk - ESD faalt	10	5	5	5	
Losslang breuk - ESD slaagt - Calculated Discharge	100				
Losslang breuk - ESD faalt - Calculated Discharge	50				
Opslag vloeibaar 10 min	140	40	50	70	60
Onderdelen alle varianten					
Leidingwerk 440 bar breuk - ESD slaagt		15	15	15	
Leidingwerk		15	15	15	

Variant 3 Aanlevering van vloeibaar waterstof per tankwagen					
Scenario	**Wolkbrand**	**Warmtestraling 35 kW/m²**	**Warmtestraling 10 kW/m²**	**Warmtestraling 3 kW/m²**	**Overdruk 0.3 bar**
440 bar breuk - ESD faalt					
Leidingwerk 440 bar lek					
Leidingwerk 950 bar breuk - ESD slaagt		15	20	20	
Leidingwerk 950 bar breuk - ESD faalt		15	20	20	
Leidingwerk 950 bar lek		6	6	6	
Tussenopslag 440 bar instantaan		30	50	100	20 (fysische explosie)
Tussenopslag 440 bar 10 min		5	5	5	
Tussenopslag 440 bar lek		20	20	30	
Tussenopslag 950 bar instantaan		20	40	80	20 (fysische explosie)
Tussenopslag 950 bar 10 min		5	5	5	
Tussenopslag 950 bar lek		30	30	40	
Afleverzuil 440 bar slangbreuk - ESD slaagt		5	5	10	
Afleverzuil 440 bar slangbreuk - ESD faalt		5	5	10	
Afleverzuil 950 bar slangbreuk - ESD slaagt		10	10	10	
Afleverzuil 950 bar slangbreuk - ESD faalt		10	10	10	

Benzine-installatie

Tabel 11 Maximale effectafstanden (m) voor de benzine-installatie

Scenario	Wolkbrand	Warmtestraling 35 kW/m²	Warmtestraling 10 kW/m²	Warmtestraling 3 kW/m²	Overdruk 0.3 bar
A.1 Breuk afleverslang		10	20	30	
T.1 Instantaan falen tankauto	30		40	90	30
T.2 Continue uitstroming aansluiting tankauto	30	15	40	90	
B.1 Externe beschadiging	20		40	90	
P.1 Brand onder tankauto, plasbrand			40	100	
L.1a Slangbreuk - ingrijpen chauffeur	10	15	40	50	
L.1b Slangbreuk - ingrijpen faalt	30	10	40	90	
L.2 Slanglekkage		10	20	30	

Bijlage 3 Verdeling doorzet op basis van het Panteia rapport

Voor de berekening van de verhouding van de brandstofdoorzet op een MFT station voor 2030 is het Panteia-rapport "Multi Fuel Tankstations, Effecten op Basisnet (14 oktober 2020)" gebruikt [5].
De in de berekeningen gebruikte doorzetten zijn gebaseerd op een doorzet van 5000 m^3/jaar voor het LNG/CNG station, de doorzetten voor de overige brandstoffen (benzine, LPG en waterstof) zijn naar verhouding van de "doorzetten" voor het optimistische scenario voor 2030 uit het Panteia-rapport afgeleid. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten/aannamen gehanteerd.

- Bijlage 1 van het rapport geeft voor personenauto's, OV-bussen, touringcars, bestelauto's en vrachtauto's het aantal voertuigen dat in 2030 in het optimistische scenario in Nederland aanwezig is op de verschillende brandstoffen. Daarnaast worden ook de jaarkilometrages voor de verschillende voertuig- en brandstoftypes gegeven. Op basis hiervan het totaal aantal kilometers dat per jaar wordt verreden per voertuig- en brandstoftype worden berekend. Voor personenauto's met CNG als brandstof wordt geen jaarkilometrage gegeven maar dit is net als voor de vrachtauto's gelijk gemaakt aan het jaarkilometrage van dieselauto's (23088 km/jaar).
- Op basis van de ook in bijlage 1 gegeven verbruikcijfers per voertuig- en brandstoftype is het totaal aantal verbruikte aantal liters (benzine en LPG) of het totaal aantal verbruikte kilogram (LNG/CNG en waterstof) berekend. Hierbij is voor het hybride type voertuig dat deze de combinatie elektrisch/benzine heeft. Dit is op basis van een snelle google een juiste aanpak voor bestelauto's maar conservatief voor vrachtauto's. De invloed op het eindresultaat is echter beperkt.
- Om de verhouding in doorzet op basis van het verbruikte aantal m^3 te verkrijgen is voor LNG/CNG en waterstof het aantal verbruikte kilogrammen omgezet naar het verbruikte aantal m^3 op basis van de dichtheid van de brandstof in de tankauto dan wel tubetrailer.
- Uitgaande van een doorzet van 5000 m^3 LNG/CNG is naar verhouding de doorzet van de overige brandstoffen bepaald.
- Op basis van de standaard doorzet in de psu-bestanden (LPG 1000 m^3/jaar, LNG/CNG 5000 m^3/jaar, benzine 2000 m^3/jaar en waterstof 1000 kg/jaar) gecorrigeerd door correctie van de dag/nacht verhoudingen de rekenrijen van Safeti-NL. De correctiefactoren zijn:

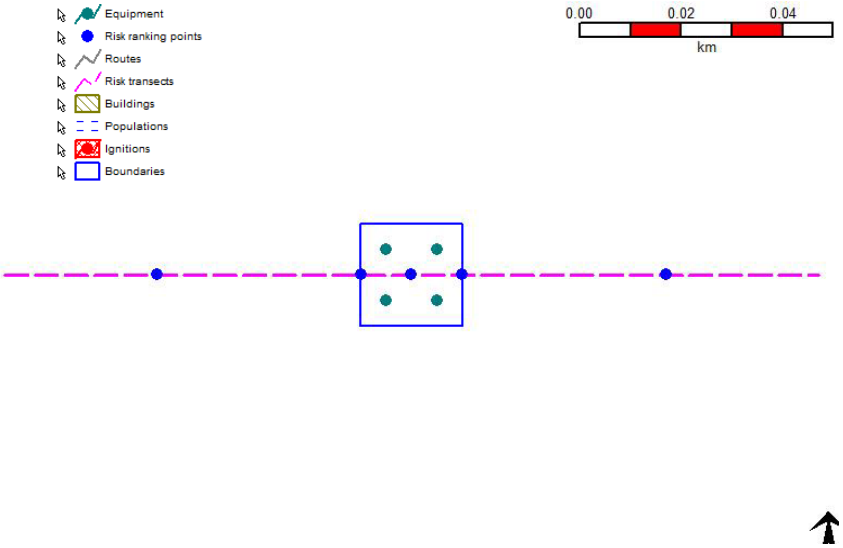
Brandstof	**Correctiefactor**
Benzine	0,80
LPG	0,06
LNG/CNG	1,00
Hybride	0,11
Waterstof	30,51

De factor voor de hybride brandstof is verwerkt in die van benzine.

Bijlage 4 Risk Transects

Een risk transect geeft het plaatsgebonden risico weer als functie van de afstand langs een lijn. Een risk transect geeft hiermee inzicht in hoe het risico varieert met de afstand tot het tankstation.

Figuur 8 toont het tankstation, met daarbij de gebruikte boundary (blauwe lijn), risk ranking points (blauwe punten) en de risk transect. Het meest linker risk ranking point (-50,0), 50 m ten westen van het midden van het tankstation is gebruikt voor de waarden in Tabel 1 (gehanteerde doorzet per activiteit, gebruikt in de risicoberekeningen). De risk transect is 160 m lang en loopt van de coördinaten (-80,0) tot (80,0).

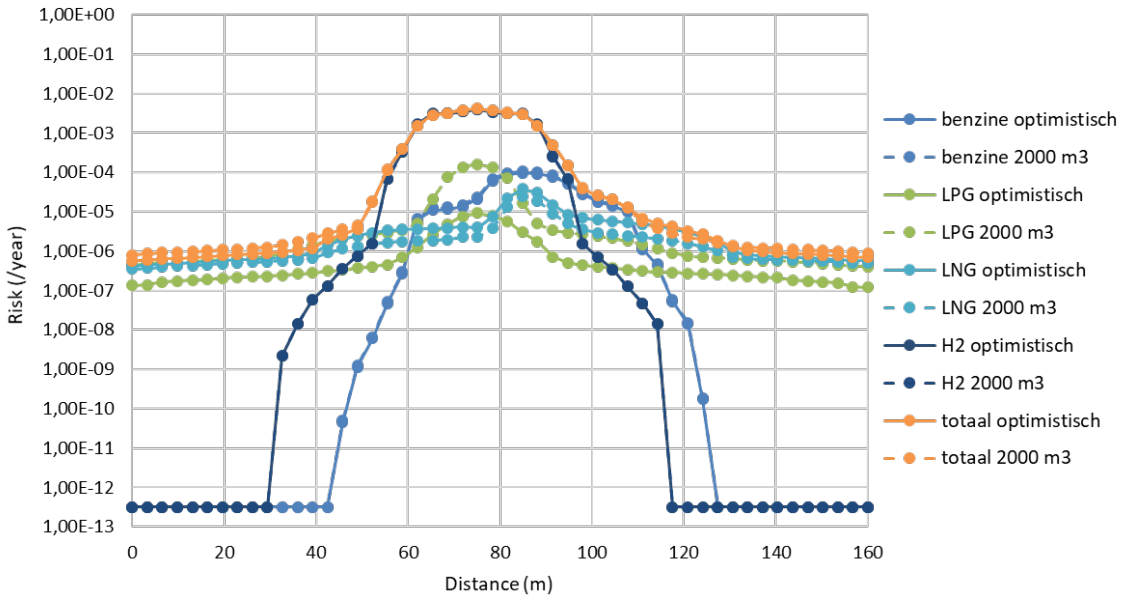


Figuur 8 De ligging van het tankstation, boundary (blauwe lijn), risk ranking points (blauwe punten) en risk transect (roze lijn).

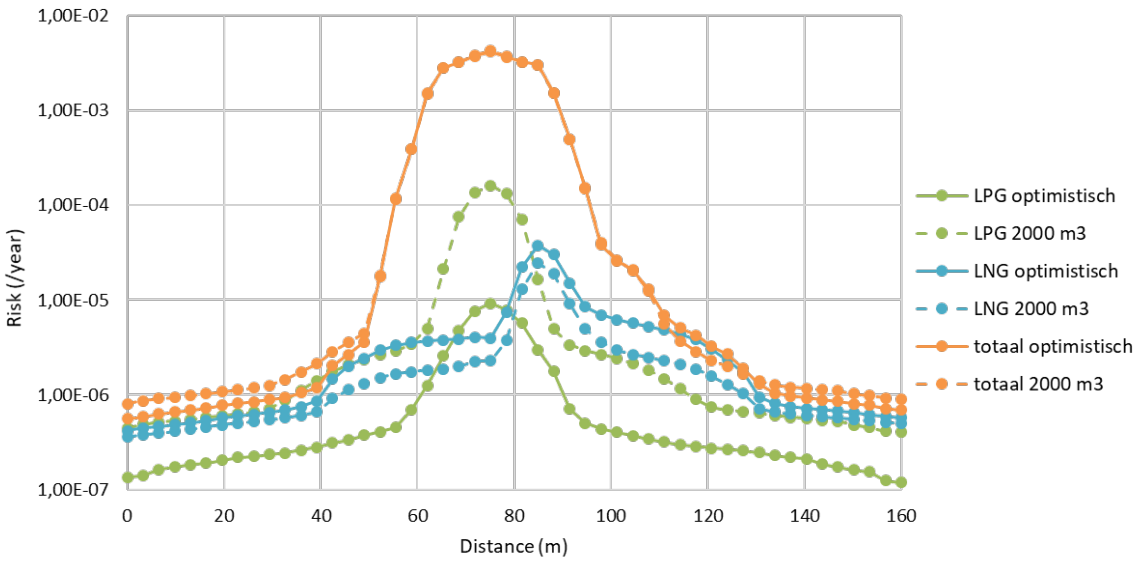
In Figuur 9 is het risico langs het risk transect gegeven voor de afzonderlijke brandstoffen en het totaal van alle brandstoffen voor het scenario 'optimistisch' 2030 en 2000 m^3 doorzet per brandstof. Het totaalrisico voor 2000 m^3 per brandstof ligt iets hoger dan voor het scenario 'optimistisch'. In beide scenario's bepalen LPG en LNG het risico voor de PR 10^{-6}.

Figuur 10 toont alleen het totaal risico en de risico's voor LNG en LPG. In het scenario 'optimistisch' 2030 wordt het risico grotendeels bepaald door LNG. In het scenario met gelijke doorzetten per brandstof is de bijdrage van LPG aan het risico het grootst.

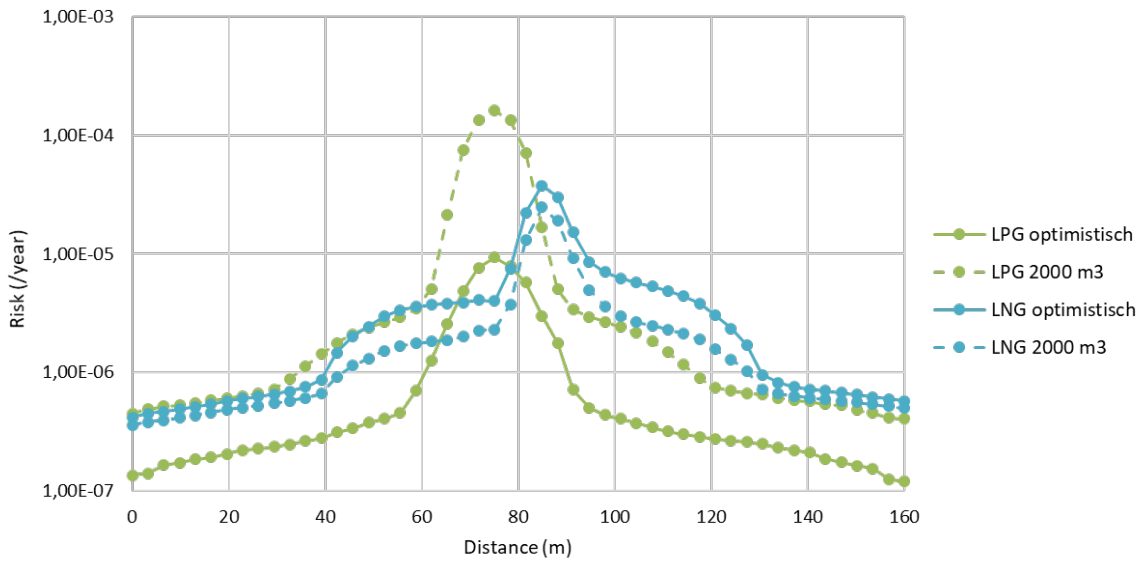
NB: Sommige lijnen in de volgende grafieken lopen over elkaar heen, omdat het risicoverloop in de verschillende scenario's nagenoeg hetzelfde is.



Figuur 9 Risico langs het risk transect voor het totaal en de afzonderlijke activitetiten voor het scneario 'optimistisch' 2030 en een doorzet van 2000 m³ per brandstof.



Figuur 10 Risico langs het risk transect voor het totaal en LPG en LNG voor het scenario 'optimistisch' 2030 en een doorzet van 2000 m³ per brandstof.



Figuur 11 Risico langs het risk transect LPG en LNG voor het scenario 'optimistisch' 2030 en een doorzet van 2000 m^3 per brandstof.

RIVM
De zorg voor morgen begint vandaag