



Business Park E.T.V.  
Laan van Westenenk 501  
Postbus 342  
7500 AH Apeldoorn

[www.mep.tno.nl](http://www.mep.tno.nl)

T 055 549 34 93

F 055 549 32 01

[info@mep.tno.nl](mailto:info@mep.tno.nl)

**TNO-rapport**

**R 2001/435**

**Bijlagen bij het rapport  
Kwantitatieve Risico-analyse  
generiek voor LPG-tankstations**

Datum	september 2001
Auteurs	Ing. J.M. Ham
Projectnummer	29399
Trefwoorden	LPG Tankstation Risico Veiligheidsafstanden
Bestemd voor	Ministerie van VROM Directoraat-Generaal Milieuhygiëne, Directie LMV T.a.v. Dr. P.H. Bottelberghs Postbus 30945, IPC 565 2500 GX Den Haag

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

## Toelichting

In het kader van het project “Kwantitatieve Risico-analyse generiek voor LPG-tankstations” dat TNO-MEP heeft uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van VROM zijn lopende het onderzoek een aantal tussenrapportages en notities opgesteld, onder meer voor overleg in de Begeleidingscommissie van het project en voor onderbouwing van gegevens en uitgangspunten voor de studie en het rapport.

De voor de onderbouwing relevante notities zijn in deze bijlagen opgenomen. Het betreft achtereenvolgens de volgende onderdelen:

- Bijlage 1 Details van de effectberekeningen
- Bijlage 2 Tussentijdse rapportages over inventarisatie LPG-tankstations en uitgangspunten voor modellering
  - 2.1 Parameters en Uitgangspunten bij QRA voor Generiek LPG-tankstation
  - 2.2 Selectie representatief LPG-tankstation
  - 2.3 Voorstel definiëring generiek LPG-tankstation
  - 2.4 Uitgangspunten scenario's te beschouwen voor LPG-tankstations
  - 2.5 Modelleringsaspecten instantaan falen van tanks
  - 2.6 Risico-berekeningen voor LPG-tankstations
- Bijlage 3 LPG-tankstations: Inventarisatie van mogelijke knelpunten m.b.t. het plaatsgebonden risico.
- Bijlage 4 Notities RIVM aan CPR-RE naar aanleiding van bevindingen rond modellering in onderzoek Risico-analyse Generiek LPG-tankstations

## Bijlage 1 Details van de effect-berekeningen

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de effect- en schade-afstanden van alle relevante scenario's. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3.1 van het hoofdrapport van dit onderzoek.

### Ondergrondse opslagtank

#### a. Instantaan falen

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	28			
	fakkel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	135			
	breedte LEL	34			
	explosie 0,1 bar				98
	explosie 0,3 bar	49			

#### b. Leegstromen in 10 minuten

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	47	47	52	57
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	68			
	breedte LEL	100			
	explosie 0,1 bar				74
	explosie 0,3 bar	37			

## c. Lekkage van 10 mm in tankwand

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	20	20	22	24
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	12			
	breedte LEL	18			
	explosie 0,1 bar				20
	explosie 0,3 bar	10			

## d. Breuk vloeistofleiding

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	21	23	25	28
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	13			
	breedte LEL	20			
	explosie 0,1 bar				22
	explosie 0,3 bar	11			

## LPG-tankauto en vulpunt

## a. Breuk losslang

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	41	41	46	50
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	53			
	breedte LEL	79			
	explosie 0,1 bar				62
	explosie 0,3 bar	31			

## b. Instantaan falen

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	88	200	270	340
	lokale flash				
	fakkel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	204			
	breedte LEL	56			
	explosie 0,1 bar				140
	explosie 0,3 bar	70			

## c. BLEVE tankauto

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	165	200	270	340
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	breedte LEL	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	explosie 0,1 bar	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	explosie 0,3 bar	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

## d. Breuk grootste aansluiting

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	77	78	86	93
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	188			
	breedte LEL	152			
	explosie 0,1 bar				136
	explosie 0,3 bar	68			

## Afleverzuil

### a. Breuk afleverleiding

Deelscenario	Vervolgeffect	Afstand voor %-age letaliteit [m]			
		99	50	10	1
Directe ontsteking	vuurbal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	lokale flash	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	fakkel	16	16	18	20
Vertraagde ontsteking	lengte LEL	7,5			
	breedte LEL	11,4			
	explosie 0,1 bar				14
	explosie 0,3 bar	7			

## **Bijlage 2 Tussentijdse rapportages over inventarisatie LPG-tankstations en uitgangspunten voor modellering**

Gedurende het onderzoek zijn meerdere rapportages over de uitgangspunten van de studie, de fysieke situatie van LPG-tankstations en de huidige inzichten over modellering samengesteld en in de Begeleidingscommissie van het project besproken en vastgesteld. Deze stukken vormden de bases voor de risico-berekeningen en conclusies die nu in het hoofdrapport van dit onderzoek zijn weergegeven.

In veel gevallen vormen deze stukken een meer gedetailleerde onderbouwing van de keuzes en statistische gegevens waarop de studie is gebaseerd. De relevante documenten zijn daarom in deze bijlage opgenomen.

De volgende dossierstukken zijn hierbij gereproduceerd (tussen haakjes het nummer waaronder dit in het projectdossier van TNO-MEP wordt bewaard, conform ISO-9001).

### **1. “Parameters en Uitgangspunten bij QRA voor Generiek LPG-tankstation” (2-93, d.d. 09/03/1999)**

Hierin worden de technische condities en fysieke situaties op tankstations naast elkaar gezet, tussen de uitgangspunten in de LPG-Integraal Studie en de huidige situatie. Dit stuk is gedurende het project geëvolueerd, waarbij opgemerkt moet worden dat de uitgangspunten van LPG-Integraal (1983) en die van het Besluit LPG-Tankstations (1988) niet identiek bleken te zijn. Aangezien de vigerende veiligheidsafstanden vooral op de veronderstelde situatie ná de sanering van 1988 zijn gebaseerd, zijn de technische verschillen tussen ‘vroeger’ en ‘nu’ veel kleiner dan uit de tabellen lijkt.

### **2. “Selectie representatief LPG-Tankstation” (2-69, d.d. 06/01/1999)**

Hierin wordt een statistische evaluatie gegeven van door twee LPG-leveranciers beschikbaar gestelde informatie over in totaal circa 360 tankstations. Dit stuk vormde de basis voor een programma van daadwerkelijk inventarisatie van de fysieke situaties in een steekproef van circa 50 tankstations.

### **3. “Voorstel definiëring generiek LPG-tankstation” (2-83, d.d. 09/02/1999)**

Hierin worden de resultaten gegeven van de inventariserende bezoeken aan circa 50 LPG-tankstations in de provincies Gelderland en Zuid-Holland. Conclusies over de variatie in fysieke situaties worden belicht, en een voorstel wordt gedaan voor in de risico-analyse te hanteren uitgangspunten.

---

#### **4. “Uitgangspunten scenario’s te beschouwen voor LPG-tankstations” (2-100, d.d. 13/04/1999)**

Hierin worden de te beschouwen ongevalsscenario’s gepresenteerd die op basis van de huidige inzichten in de QRA zouden moeten worden beschouwd. Een reflectie met de scenario’s die volgens LPG-Integraal zouden worden meegenomen, is hierin ook opgenomen.

N.B. Enkele correcties hierop, met name in het kwantitatieve gedeelte, zijn later in de definitieve risico-berekeningen nog nodig gebleken.

#### **5. “Modelleringsaspecten instantaan falen van tanks” (verslag overleg RIVM - TNO op 8 juni 1999) (2-133, d.d. 08/06/1999)**

Hierin worden de resultaten beschreven van de discussie over het instantaan falen van de ondergrondse tank en van de invloed die verschillende keuzes en expert meningen kunnen hebben op het resultaat van de risico-analyse.

#### **6. “Risico-berekeningen voor LPG-tankstations” (2-134 en 2-132, d.d. 18/06/1999)**

De resultaten van de risico-berekeningen worden hierin gegeven, inclusief een indicatie van de gevoeligheid van scenario-keuzes op het resultaat.



## **Bijlage 2.1 Parameters en Uitgangspunten bij QRA voor Generiek LPG-tankstation**

*Parameters en Uitgangspunten bij QRA voor generiek LPG-tankstation  
(Concept, versie 9 maart 1999, na overleg TC-VVG d.d. 11/11, 2e BC d.d. 18/11 en overleg Hr. Palsenborg d.d. 26/11/98)*

	<b>In LPG-integraal, resp in Integrale Nota</b>	<b>Nu</b>
Algemeen	Er is uitgegaan van een situatie van één opslagtank en één afleverzuil. Hierop zijn alle kwantificeringen gebaseerd, zoals doorzet, verlaadfrequentie, etc.	In veel situaties treft men tankstations met vier of meer afleverzuilen, en naar verwachting navenant hogere doorzet, etc. VVG: Meest voorkomend is één tank, twee afleverlangen, 20 m <sup>3</sup> opslag. Er is wel sprake (geweest) van schaalvergroting. Acht slangen is geen uitzondering, er is één situatie met tien. Andere ontwikkeling: combinatie van te leveren producten via één en dezelfde zuil, waarbij LPG met benzine en diesel wordt gecombineerd. Mogelijk veiligheidsaspect: ExE-uitvoering telwerken vereist i. v. m. zone-indeling afstanden.
Tankauto	maximaal 44 m <sup>3</sup> (In QRA BLEVE van 18.9 ton)  Na de LPG-integraal-studie is een aanvullende studie gedaan naar de tankauto, welke als model is gehanteerd voor de Integrale Nota LPG en voor de risico-contouren. Zie Kok & Pietersen (TNO), Ref. 85-01237. Preciese status en invloed op risico-berekeningen moet nog worden achterhaald.	Maximaal 56 m <sup>3</sup> VVG: Er bestaan tankauto's tot 62.5 m <sup>3</sup> . Het wordt niet verwacht dat nog grotere komen; dit wordt begrensd door maximaal treingewicht. Aanvullende informatie VVG: <ul style="list-style-type: none"> <li>• In specifieke regio's vindt bevoorrading vanuit Duitsland plaats; tankgrootte is dan 30 m<sup>3</sup>.</li> <li>• Andere buitenlandse tankwagens zullen niet succesvol kunnen lossen bij Nederlandse tankstations; aansluitingen van aansturing zijn niet compatible.</li> <li>• Aanhangers voor autogas-transport komen in de praktijk niet voor; wel voor propaan.</li> </ul> Opmerking: Bij tankauto 60 m <sup>3</sup> en opslag 20 m <sup>3</sup> betekent dat per rit drie opslagtanks kunnen worden gevuld, en de vulling van een tankauto dus ook varieert. Bezien of dit moet worden verdisconteerd in scenario's in QRA. (N.B.: bij vulling minder is gaskap groter, en BLEVE-kans ook groter).
Aantal overslagen van tankauto naar opslagtank	Varieert in aannamen in LPG-I: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 per jaar</li> <li>• 3 x per week (= ca. 150 per jaar), gedurende 0,5 uur, komt overeen met 1 % van de tijd.</li> </ul>	Moet uit inventarisatie blijken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• óf minder doordat er meer in de tankauto kan</li> <li>• óf meer doordat de doorzet per tankstation groter is?</li> </ul> VVG: Omzet LPG in Nederland daalt de laatste jaren (enkele procenten per jaar), maar is nog wel hoger dan uitgangspunten bij studie LPG-I (1984).

	In LPG-integraal, resp in Integrale Nota	Nu
Doorzet	500 ton per jaar	Varieert sterk per station. VVG: Voor indicatiegeldt totaal jaarverbruik 735.000 ton/jaar over 2200 stations, dus gemiddeld (!) 335 ton/jaar per station. Er zijn 'kleintjes' met minder dan 150 ton/jaar.
Plaatsing voorraadtank	Bovengronds	Nieuw: verplicht ondergronds/ingeterpt VVG: Naar schatting is nog circa 1% bovengronds uitgevoerd, dus enkele tientallen. In nieuwe situaties altijd ondergronds.
Frequentie / duur van afleveren aan auto's	Aangenomen is dat gedurende 5% van de tijd LPG wordt geleverd	Gezien verwachte toename in grootschaligheid, is de afleverduur / frequentie waarschijnlijk (veel) hoger. VVG: Leveringssnelheid 40 liter/min. Gemiddelde tanking 30 liter per keer.
Manier van tanken	Niet echt gedefinieerd	Onderscheid kan worden gemaakt naar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• bediend tanken door pomphouder/bediende</li> <li>• self-service, onder toezicht</li> <li>• self-service, zonder toezicht</li> </ul> Aan deze laatste zijn enkele voorwaarden verbonden, zoals hitesensoren in de afleverzuilen en bereikbaarheid van de pomphouder. VVG heeft bedenkingen tegen zonder toezicht tanken. Het kan ongeoorloofd vullen van flessen uitlokken.
Toestanden beschouwd in QRAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stationair (tijdens openingsuren)</li> <li>• het vullen van de installatie vanuit een tankauto</li> <li>• het afleveren van LPG in een autotank</li> <li>• van normaal afwijkende situaties (in en uit gebruik nemen, het geheel legen en gasvrij maken van de installatie): frequentie éénmaal per zes jaar.</li> </ul>	Opm. VVG: "van normaal afwijkend" legen en gasvrij maken wordt tegenwoordig éénmaal per tien jaar gedaan. Overigens is testen van veiligheidsventielen nog zesjaarlijks verplicht. Nieuwe ontwikkelingen hebben testen zonder volledige uitbedrijfname mogelijk gemaakt (wel kostbaar). In de toekomst steeds vaker dubbele PSV's met castle lock te verwachten
Meteorologische situaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zeer stabiel (F2)</li> <li>• neutraal (D5)</li> <li>• windstil</li> </ul> Landelijk gemiddelde frequentie-cijfers	6 weerklassen, cf. Paarse Boek

	In LPG-integraal, resp in Integrale Nota	Nu
LPG-installatie- onderdelen van een LPG-tankstation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opslagtank</li> <li>• afleverzuil</li> <li>• vulpunt (t.b.v. het vullen van het reservoir)</li> <li>• de leidingen die deze onderdelen met elkaar verbinden</li> <li>• tankauto via het vulpunt gekoppeld aan het systeem (bijvullen)</li> <li>• auto tijdens het afleveren gekoppeld via de afleverzuil</li> </ul>	<p>Volgens AMvB: &gt; 20 m<sup>3</sup> per tank; &lt; 80 m<sup>3</sup> per tankstation</p> <p>VVG: Er bestaan nog wel enkele 8 m<sup>3</sup>-tanks. Langs snelwegen is 60 m<sup>3</sup> erg gangbaar. Opm.: In CPR-8.1 (Supplement) wordt maximaal 70 m<sup>3</sup> per station genoemd.</p>
Grootte opslagtank op LPG-tankstation	<p>Tussen de 8 en 20 m<sup>3</sup></p>	<p>Meeste aspecten nog identiek als beschreven voor LPG-I.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De pomp (van tank naar afleverzuil) wordt steeds vaker als dompelpomp (geplaatst in de tank) uitgevoerd. In huidige situatie minstens in 50% het geval. In die gevallen vervalt ook de overstortleiding.</li> <li>• Brandwerende bescherming op veerveiligheid</li> <li>• Niet-uitblaasbare pakkingen van flenzen etc.: check of dit ook reeds in basis van LPG-I bestond (hr. Von Kriegenbergh)</li> <li>• De noodstopvoorziening tussen tankauto en opslagtank zijn gekoppeld.</li> <li>• De afstandsbestuurde afsluiter in de vulleiding is alleen te openen door bekrachtiging vanuit 24V systeem van de tankauto. Daardoor nooit open als tankauto er niet is.</li> <li>• Externe impact op (ondergrondse) tank wordt extra beschermd door betonplaat boven de tank. Dit is niet verplicht, maar wordt wel vaak toegepast.</li> </ul>
Veiligheidsvoorzieningen opslagtank en vulpunt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• op elke leiding doorstroombegrenzers of terugslagkleppen met uitzondering van aansluitingen kleiner dan 2 mm<sup>2</sup></li> <li>• In geval van meerdere opslagtanks komen situaties voor met één gecombineerd vulpunt of meerdere vulpunten. Deze bevinden zich wel altijd op één lokatie. Overigens is in studies steeds de situatie van één tank beschouwd.</li> <li>• aan de tank per leiding twee afsluiters (één handbediende en één afstandbediende of een afstandbediende die tevens met de hand kan worden bediend); in praktijk meestal een handbediende en een afstandgestuurde afsluiter.</li> <li>• Overvulbeveiliging opslagtank: 90%.</li> <li>• pomp is voorzien van een overstortventiel; deze bevindt zich bij afleverzuil, maar heeft functie voor de pomp.</li> <li>• achter de pomp zit een differentiaalklep, die alleen geopend is tijdens het pompen en daarna automatisch sluit</li> <li>• veerbelaste veiligheid op de opslagtank afgesteld op de werkdruk van de tank (ca. 13.8 bar)</li> <li>• het vulpunt is voorzien van een beveiliging tegen gebruik door onbevoegden (?)</li> <li>• in de vloeistofaansluiting bevindt zich een doorstroombegrenzer</li> <li>• indien er een dampretourleiding aanwezig is, is deze voorzien van een doorstroombegrenzer; dampretour is nodig voor correct werken van meetsysteem</li> </ul>	

	In LPG-integraal, resp in Integrale Nota	Nu
Onderdelen afleverzuil en vulslang	<ul style="list-style-type: none"> <li>dampafscheider en dampretourleiding naar opslagtank (nodig voor meet-mechanisme)</li> <li>meter</li> <li>differentiaalklep (kan alleen geopend zijn tijdens het tanken)</li> <li>gecombineerde terugslagklep/breekstuk</li> <li>bedieningshefboom/knop, die vastgehouden dient te worden tijdens het tanken</li> <li>slang met vulnozzle, zodanig uitgevoerd dat deze alleen gas doorlaat indien de verbinding met de tankende auto correct is gemaakt</li> <li>noodstop-knop in de kiosk</li> <li>aanrij-beveiliging (paaltjes) rond de afleverzuil</li> <li>vulslang is voorzien van breekkoppeling (bij aangekoppeld weggrijden)</li> <li>bij de afleverzuil bevindt zich een poederblusser met een inhoud van 7 kg</li> <li>in de vloeistofaansluiting bevindt zich een doorstroombegrenzer</li> <li>breekstuk met terugslagklep in de slang tussen afleverzuil en vulnozzle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>minimaal idem als LPG-integraal</li> <li>toezicht door en training van stationhouder is in regelgeving strikter beschreven</li> <li>in praktijk staat poederblusser niet direct bij de afleverzuil (werd vaak ontvreemd)</li> <li>noodstop-knoppen, zowel op elke afleverzuil als in de 'kiosk'</li> <li>bij afkoppelen vulslang komt (maximaal) 8 cc vloeibaar gas vrij; Europese eis gaat naar &lt;1 cc per keer.</li> </ul>
Leidingstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alle aan twee zijden afsluitbare leidingstukken zijn voorzien van drukontlastingsklepjes, waarvan de afblaasleidingen via een verzamelleiding naar de veiligheidsafblaaspomp op de tank worden geleid</li> <li>Leidingstelsel tussen vulpunt en opslagtank mag maximaal 200 liter vloeibaar gas bevatten. Dit wordt naar de atmosfeer afgelaten wanneer vullen gereed is. Deze hoeveelheid geeft grens aan afstand tussen vulpunt en opslagtank.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De gehele installatie dient binnen een cirkel met diameter 400 meter te vallen (nieuwe eis). Dit om te voorkomen dat zeer dunne leidingen worden toegepast om aan het 200 liter criterium te voldoen.</li> </ul> <p>Check of in LPG-I ook reeds een maximale leidinglengte of inhoud is gehanteerd.</p>
Omgeving	<p>Drie soorten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nabij rijksweg</li> <li>nabij verspreide/interbebouwing</li> <li>nabij bebouwde kom</li> </ul>	<p>Eén omgeving representatief voor alle tankstations? Mogelijk gebruik ADG-grafieken, i.o.m. RIVM. VVG: Schat dat 80% van de omzet plaatsvindt in snelweg-stations.</p>

	<b>In LPG-integraal, resp in Integrale Nota</b>	<b>Nu</b>
Overige LPG veiligheidsvoorzieningen op het tankstation	<ul style="list-style-type: none"> <li>tussen alle vloeistof- en dampretourleidingen en de tank zijn op afstand bedienbare afsluiters geplaatst, die bij onveilige situaties en gedurende de sluitingsuren gesloten dienen te worden</li> <li>doorstroombegrenzers of terugslagkleppen tussen alle vloeistof- en dampretourleidingen en de tank</li> <li>doorstroombegrenzer en terugslagklep bij het bovengronds komen van de leidingen bij het vulpunt</li> <li>idem bij de afleverzuil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vroeger (in tijd van LPG-I) waren remote valves in diverse uitvoeringen: elektrisch, pneumatisch (vaak op gasdruk in de tank) en hydraulisch. Tegenwoordig vrijwel alleen nog pneumatisch, op lucht.</li> </ul>
Tankauto	<ul style="list-style-type: none"> <li>mangat + dekseel</li> <li>veerbelaste veiligheid</li> <li>niveaumeter</li> <li>thermometer</li> <li>één bodemklep</li> <li>één noodstop-knop</li> <li>85% leiding, waarmee de toegestane maximale vulgraad van 85% kan worden gecontroleerd (is voorzien van een manometer voor het aflezen van de tankdruk)</li> <li>dampretourleiding, voorzien van een doorstroombegrenzer (boven het aansluitpunt van de leiding) en een ontgassingsleiding</li> <li>vulleiding, voorzien van een veiligheid en een terugslagklep (boven het aansluitpunt van de leiding in de tank)</li> <li>zuigleiding naar de pomp, voorzien van een pneumatisch bediende afsluiter, een filter en een doorstroombegrenzer (op het aansluitpunt van de leiding in de tank)</li> <li>flexibele verbindingen tussen de pomp en zuig/persleiding zijn voorzien van een overstortleiding, waarin zich een overstortklep bevindt</li> <li>persleiding voorzien van een manometer, een vloeistofmeter met dampafscheider met differentiaalklep en een flexibele koppeling waarmee de leiding verbonden is met een slang van 40 m lengte op haspel + afsluiter + afleveraansluiting</li> </ul>	<p>Alles minimaal zoals in LPG-I, met volgende aanvullingen (info VVG):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bodemkleppen van tankauto zijn voorzien van afstandbediende pneumatische aansturing, en zijn aangebracht op elke aansluiting.</li> <li>Minstens twee (soms vier) noodknoppen op iedere tankauto</li> <li>Smeit-ripleiding die pneumatiek uitschakelt bij (omgevings-) brand. Dit is ook in rapport 85-01237 beschouwd. Check of dit is doorgewerkt in Integrale Nota (advies: Hr Moons, VROM)</li> <li>Wegrijbeveiliging; handrem moet aangetrokken staan, anders alarmen bij start aansluithandelingen.</li> <li>Veerveiligheid op tankauto is niet langer verplicht volgens ADR; in de praktijk zijn (vrijwel) alle tankauto's hier nog wel van voorzien. Check in AMvB of hoe veerveiligheid aanwezig moet zijn op tankauto wanneer aanwezig op LPG-tankstation.</li> <li>Geen overstortentiel in de zuigleiding; overstort van pomp gaat nu rechtstreeks terug naar tankauto, bijv. via de vulleiding.</li> <li>Dampretourleiding tussen tankauto en opslagtank is vervallen; zit nog wel op tankauto, maar wordt alleen gebruikt bij laden op depot.</li> <li>Slanglengte is maximaal 15 meter.</li> <li>Opleiding van chauffeurs is sterk verbeterd. Periodiek examen is nu vaak vereist. Verder moet vanaf 2000 iedere transporteur van gevaarlijke goederen een veiligheidsadviseur in dienst hebben. Daar komt een aparte opleiding voor. (NB: V&amp;W heeft getracht dit in kwantitatieve managementfactoren te vertalen).</li> </ul>

	In LPG-integraal, resp in Integrale Nota	Nu																		
(Faal-)frequenties	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse bronnen (blz. 62 + 63, LPG-Integraal rapport 1113)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tankauto in wegrij-richting opstellen, bij voorkeur ter hoogte van her-oprit. Ander verkeer heeft daar minder snelheid. Aanrijdingskans waarschijnlijk lager. Langs 50 km wegen mag tankauto op weg staan; daarboven altijd op terrein buiten weg.</li> </ul>																		
Effectmodellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse bronnen (blz. 62 + 63, LPG-Integraal rapport 1113)</li> <li>Gele boek (versie 1979) en LPG-Integraal rapport 1112, Effectmodellen LPG</li> </ul>	<p>Volgens paarse boek?</p> <p>Gele boek (laatste versie), waarin aangepaste modellen voor verdamping, zwaar gas dispersie, explosies en warmtestraling) en in overleg met RIVM</p>																		
Bepalende scenario's voor zoneringsafstanden	BLEVE (met BLEVE minimale afstand 80 m, indien BLEVE kan worden uitgesloten minimale afstand 50 m)	Mogelijk grotere schade afstand voor BLEVE door grotere inhoud tankauto en/of door herzien BLEVE-model en scghade/afstand relaties.																		
Scenario's	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verdeeld naar interne oorzaken, externe oorzaken en menselijk oorzaken (handelingen)</li> <li>Drukvaten (algemeen) <ul style="list-style-type: none"> <li>breuk (gat ter grootte van grootste aansluiting) <math>5 * 10^{-5}</math></li> <li>lekkage (gat van 1 cm wanneer grootste aansluiting <math>\leq 3''</math> is, 2 cm wanneer grootste aansluiting <math>&gt; 3''</math> is) <math>5 * 10^{-6}</math></li> <li>BLEVE</li> </ul> </li> <li>Pijpleidingen (algemeen) <ul style="list-style-type: none"> <li>breuk (gat ter grootte van de doorsnede van de pijp)</li> <li>lekkage (gat van 1 cm wanneer de doorsnede van de pijp <math>\leq 3''</math> is, 2 cm wanneer de doorsnede <math>&lt; 3''</math> is)</li> </ul> </li> </ul> <p>Dit resulteert in LPG-I in de volgende relevante scenario's (met frequentie en uitstroomhoeveelheid):</p> <p><u>Stationaire toestand:</u></p> <table border="1" data-bbox="1047 1128 1278 1769"> <tr> <td>• falen vloeistofleiding</td> <td><math>0,5 * 10^{-5}</math></td> <td>6,3 kg/s</td> </tr> <tr> <td>• BLEVE opslagtank</td> <td><math>0,1 * 10^{-4}</math></td> <td>9.200 kg</td> </tr> </table> <p><u>Vullen opslagtank</u></p> <table border="1" data-bbox="1170 1128 1278 1769"> <tr> <td>• falen zuigleiding pomp TA</td> <td><math>0,1 * 10^{-6}</math></td> <td>15 kg/s</td> </tr> <tr> <td>• falen persleiding pomp TA</td> <td><math>0,1 * 10^{-3}</math></td> <td>3,8 kg/s</td> </tr> <tr> <td>• BLEVE tankauto</td> <td><math>0,2 * 10^{-4}</math></td> <td>18.900 kg</td> </tr> </table> <p><u>Afleveren via afleverzuil</u></p> <table border="1" data-bbox="1309 1128 1382 1769"> <tr> <td>falen afleverleiding</td> <td><math>0,4 * 10^{-3}</math></td> <td><math>&lt; 100</math> kg</td> </tr> </table>	• falen vloeistofleiding	$0,5 * 10^{-5}$	6,3 kg/s	• BLEVE opslagtank	$0,1 * 10^{-4}$	9.200 kg	• falen zuigleiding pomp TA	$0,1 * 10^{-6}$	15 kg/s	• falen persleiding pomp TA	$0,1 * 10^{-3}$	3,8 kg/s	• BLEVE tankauto	$0,2 * 10^{-4}$	18.900 kg	falen afleverleiding	$0,4 * 10^{-3}$	$< 100$ kg	
• falen vloeistofleiding	$0,5 * 10^{-5}$	6,3 kg/s																		
• BLEVE opslagtank	$0,1 * 10^{-4}$	9.200 kg																		
• falen zuigleiding pomp TA	$0,1 * 10^{-6}$	15 kg/s																		
• falen persleiding pomp TA	$0,1 * 10^{-3}$	3,8 kg/s																		
• BLEVE tankauto	$0,2 * 10^{-4}$	18.900 kg																		
falen afleverleiding	$0,4 * 10^{-3}$	$< 100$ kg																		

**Basis voor risico-normen die voor het vaststellen van veiligheidsafstanden zijn gebruikt.**

Individueel risico grens voor omwonenden:  $10^{-6}$ - $10^{-7}$

Individueel risico grens voor personen in andersoortige bedrijven: factor 10 hoger

Groepsrisico grens voor omwonenden:  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  bij 10 doden (n maal groter gevolg,  $n^2$  maal kleinere kans)

De grens voor het individueel risico voor omwonenden ligt op 80 meter afstand ( $10^{-6}$ - $10^{-7}$  -contour). Vervolgens is groepsrisico bepaald, indien binnen 80 meter geen bebouwing is, maar direct daarbuiten wel (aanname 10.000 personen/km<sup>2</sup>). Voor het tankstation bestond bij die aanname geen overschrijding van het groepsrisico, dus de minimale afstand tot woonwijken en flatgebouwen is ook op 80 m gesteld



## **Bijlage 2.2 Selectie representatief LPG-tankstation**

## Selectie representatief LPG-tankstation (versie 06 januari 1999)

### 1. Beschikbare populatie

Uit informatie van de Vereniging Vloeibaar Gas (VVG) en van de TC-leden BK-Gas en LP-Gas blijkt dat Nederland circa 2200 LPG-tankstations telt, met een totale omzet in 1997 van 1.4 miljoen m<sup>3</sup> (735.000 ton). Dit komt neer op een gemiddelde omzet van 630 m<sup>3</sup> (335 ton) per tankstation per jaar.

De bedrijven BK-Gas en LP-Gas toonden zich bereid om de benodigde informatie te leveren voor het definiëren van een 'karakteristiek' LPG-tankstation en het selecteren van een aantal concreet te bezoeken installaties uit de populatie van door hen beleverde stations. De bedrijven hebben samen een jaaromzet van circa 850.000 m<sup>3</sup>, ofwel ruim 60% van de totaal omzet in Nederland.

Van de beide bedrijven zijn de omzetgegevens verkregen van de door hen beleverde stations in de provincies Gelderland en Zuid-Holland, resp. de Regio Rotterdam. In deze regio's leveren deze bedrijven samen circa 126.000 m<sup>3</sup> autogas in Gelderland, respectievelijk 108.000 m<sup>3</sup> in Zuid-Holland. De informatie betreft in totaal 361 tankstations, waarvan 200 in Gelderland en 161 in Zuid-Holland. De informatie is in deze rapportage anoniem gehouden.

### 2. Bewerkte informatie betreffende LPG-omzet

Op de beschikbare informatie van de twee leveranciers in de twee provincies is enige statistische analyse uitgevoerd. Onderstaand de belangrijkste resultaten:

- a. De gemiddelde jaaromzet bedraagt circa 650 m<sup>3</sup> per tankstation (N.B.: voor heel Nederland ligt dit getal op 630 m<sup>3</sup>, zie boven).
- b. De spreiding in omzet per station is groot: deze varieert van 10 m<sup>3</sup> tot ruim 5000 m<sup>3</sup> per jaar.
- c. De statistische omzetverdeling verschilt marginaal tussen de twee leveranciers. BK-Gas heeft echter een grotere relatieve bijdrage in de kleinste (0 - 100 m<sup>3</sup>) en in de grootste (> 2000 m<sup>3</sup>) omzetcategoriën, terwijl LP-Gas verhoudingsgewijs meer stations in de middencategoriën 200 - 1000 m<sup>3</sup> heeft.

De geaggregeerde verdeling voor beide bedrijven en voor beide regio's samen ziet er volgt uit:

Omzet categorie [m <sup>3</sup> ]	Aantal stations [-]	Verdeling stations [%]	Aandeel omzet [%]	Aandeel omzet [cumul. %]
0 - 100	16	4,4	0,4	0,4
100 - 200	29	8,0	1,8	2,2
200 - 500	134	37,1	20,1	22,3
500 - 1000	126	34,9	37,4	59,7
1000 - 2000	42	11,6	23,9	83,6
> 2000	14	3,9	16,3	100,0
Totaal	361			

Conclusies die uit dit overzicht zijn te trekken zijn ondermeer:

- Het merendeel van de LPG-tankstations (72 %) heeft een omzet tussen 200 en 1000 m<sup>3</sup> per jaar.
- Ruim 40 % van de totaal omzet valt in de categorie > 1000 m<sup>3</sup>/jaar; dit omvat echter slechts circa 15% van de stations. Uit aanduidingen van de ligging van deze ‘grote’ stations blijkt dat dit vooral “snelwegstations” zijn.
- De mediane omzet (d.i. de omzet waar de helft van de stations onder zit, en de andere helft boven) is circa 500 m<sup>3</sup>/jaar: 49.5% valt in de categorie tot 500 m<sup>3</sup>/jaar.

N.B. Hierbij moet opgemerkt worden dat de cijfers betrekking hebben op de door BK-Gas en LP-Gas geleverde hoeveelheden; de omzet van het tankstation zelf kan hier iets van afwijken (bijvoorbeeld vol reservoir aan begin van het jaar en (bijna) leeg reservoir aan eind van het jaar), maar grote afwijkingen zal dit niet betekenen.

### 3. Overige informatie

Uit de informatie van de populatie van 361 tankstations blijkt:

- Bij 10 stations is het LPG-reservoir bovengronds geplaatst; dit is minder dan 3 %. De overige zijn ondergronds of ingeterpt uitgevoerd. In een aantal gevallen gaat het bij bovengrondse tanks niet om auto-tankstations, maar om LPG-levering bij bedrijven, bijvoorbeeld voor brandstof voor vorkheftrucks.
- Vrijwel overal is er sprake van één reservoir per tankstation. Binnen de geselecteerde populatie zijn er vier stations met twee tanks, en één met drie tanks.
- De afmetingen van de reservoirs variëren; de volgende volumes komen voor binnen het opgegeven totaal van 349 tankstations (355 reservoirs):
  - 11 tanks (3 %) van 8 - 12 m<sup>3</sup>
  - 275 tanks (77 %) van 18 - 21.3 m<sup>3</sup> (verreweg de meeste zijn 20 m<sup>3</sup>)
  - 3 tanks (0.8 %) van 31 m<sup>3</sup>
  - 57 tanks (16 %) van 40 m<sup>3</sup>

- 6 tanks (1.7 %) van 60 - 62 m<sup>3</sup>
- 3 tanks (0.8 %) van 80 m<sup>3</sup>
- Door één van de LPG-leveranciers is tevens informatie gegeven over de ligging van het tankstation. Van de totaal 147 stations in deze populatie, liggen er:
  - 48 station (33%) in de bebouwde kom
  - 34 stations (23%) in buitengebied
  - 24 stations (16%) op industrieterrein
  - 41 stations (28%) langs de snelweg.

#### 4. Conclusies voor selectie van steekproef

Voor de vaststelling van een representatieve, en voor het onderzoekdoel bruikbare steekproef worden de volgende criteria voorgesteld:

1. Stations op industrieterreinen hebben vaak alleen de bestemming voor de betreffende industrie (bijv. vorkheftrucks), en kunnen dus (grotendeels) niet als wegstations worden beschouwd. Ze worden niet in de steekproef betrokken.
2. Voor dit onderzoek, voor het risico-beleid en voor toetsing van de huidige vergunnings- en handhavingspraktijk, zijn vooral de LPG-tankstations in de bebouwde kom en in buitengebieden van belang. Echter, ook snelwegstations kunnen bijdragen aan het groepsrisico, vooral wanneer ze bij een grote parkeer gelegenheid of zelfs een wegrestaurant zijn gelegen. Uitgaande van een steekproef in de eerste selectie van minstens 50 te bezoeken LPG-tankstations wordt de volgende verdeling nagestreefd:
  - 30 stations binnen bebouwde kom
  - 15 stations in buitengebied
  - 15 stations langs snelwegenVerder wordt de verdeling over de provincies fifty-fifty aangehouden, dus 30 stuks in Gelderland en ook 30 stuks in Zuid-Holland.
3. Vanwege de beschikbaarheid en toegankelijkheid van informatie bestaat enige voorkeur voor het selecteren van LPG-tankstations in de gemeente Rotterdam. Via DCMR is de zgn. LPG-Atlas beschikbaar gesteld. Hierin zijn voor alle in Rotterdam aanwezige LPG-tankstations omgevings-plattegronden opgenomen waarop ook de locaties van het vulpunt en het LPG-reservoir zijn aangeduid. Totaal komen er 37 LPG-stations in de Gemeente Rotterdam voor, waarvan er 28 door LP-Gas of BK-Gas worden bevoorrad. De omzet van deze tankstations varieert van 60 m<sup>3</sup> tot 1360 m<sup>3</sup> per jaar.

## **Bijlage 2.3 Voorstel definiëring generiek LPG-tankstation**

## Voorstel definiëring generiek LPG-tankstation

Van: Ing. J.M Ham en Ing. A.W.T. van Blanken

Datum: 9 februari 1999

---

### 1. Inleiding

In het kader van de uitvoering van een kwantitatieve risico-analyse rond LPG-tankstations, dient een voorstel te worden gemaakt voor de definitie van een (of enkele) karakteristiek(e) tankstation(s).

Uit de populatie van circa 360 stations in Zuid-Holland en Gelderland, beschikbaar gesteld door de leveranciers BK-Gas en LP-Gas, zijn ruim vijftig van deze stations bezocht. Tien van de bezochte tankstations liggen langs de snelweg. De overige 44 in bebouwde kom, buitengebied. De bezoeken vonden plaats tussen 26 januari en 5 februari 1999

Waargenomen kenmerken van deze stations, alsmede een aantal omgevingsbeschrijvingen, zijn in deze rapportage opgenomen.

Vooraf moet worden opgemerkt dat een ‘gemiddeld station’ en een ‘gemiddelde omgeving’ niet bestaan. De onderlinge verschillen, zowel naar ligging en inrichting als naar doorzet, zijn groot. In de technische uitvoering van de installaties bestaan echter geen grote verschillen.

Wel is er sprake van een duidelijk verschil in de omzet (en dus de frequentie van beleving) tussen stations in de bebouwde kom of buitengebied, tegenover die welke langs de snelweg zijn gelegen. Ook voor de ‘typische’ omgeving gaat een dergelijk onderscheid op.

Daarom wordt voorlopig voorgesteld om twee typen LPG-tankstations te definiëren:

- Tankstation langs de snelweg
- Tankstation in andere omgevingen

In paragraaf 2 worden de in tabellen samengevatte resultaten gegeven. Paragraaf 3 vat de waarnemingen samen en komt tot voorstellen voor te hanteren parameters voor twee karakteristieke tankstations. En tenslotte worden in paragraaf 4 enkele waarnemingen en tijdens de bezoeken gerapporteerde incidenten met LPG beschreven.

*N.B. In dit rapport zijn de in paragraaf 2 gegeven tabellen niet opgenomen. Hier van is afgezien om anonimiteit te waarborgen en herkenbaarheid van individuele stations te voorkomen. De aard van de in de tabellen gegeven informatie blijkt uit paragraaf 2: toelichting.*

## 2. Toelichting bij tabellen

In bijgaande tabellen zijn de waarnemingen van de bezoeken samengevat weergegeven. De tankstations zijn anoniem vermeld, door weergave van de provincie (ZH of GL) en een volgnummer op volgorde van het bezoek.

Achtereenvolgens zijn in de tabellen vermeld:

<b>Stat.:</b>	Nummer van tankstation: provincie en volgnummer.
<b>Jaar:</b>	Jaar van installering van de LPG-installatie. Soms kon dit door de stationhouder niet met zekerheid worden vermeld, doordat door tussentijdse aanpassingen of overdracht van eigendom deze informatie niet eenvoudig was te achterhalen. Daardoor is soms het opgegeven jaartal van vernieuwing van de gasinstallatie vermeld.
<b>Ligging:</b>	In het kort wordt hierbij het station en de directe omgeving vermeld. Waar mogelijk, zijn ook verwachtingen over ruimtelijke ontwikkelingen gegeven.
<b>Tank:</b>	Dit geeft het volume van de LPG-opslagtank(s) bij het betreffende tankstation.
<b>Tank ligging:</b>	Onder = ondergronds; Boven = Bovengronds; Terp = bovengronds maar in een overdekkende stenen terp.
<b>Zuil:</b>	Het aantal afleverzuilen
<b>Slang:</b>	Het aantal LPG-afleverslangen aan de zuilen
<b>Omzet Stat.:</b>	De jaarlijkse LPG-omzet in m <sup>3</sup> zoals opgegeven door de stationhouder. Soms was de woordvoerder hiermee onvoldoende op de hoogte en werd een schatting gegeven op basis van gemiddelde leveringshoeveelheden en –frequentie
<b>Omzet Lev.:</b>	De jaarlijkse LPG-omzet in m <sup>3</sup> zoals opgegeven door de leverancier LP of BK. Deze opgave lijkt, bij verschil met Omzet Stat, de meest betrouwbare.
<b>Lever freq.:</b>	Het (gemiddelde) aantal keren per maand dat de LPG-tankauto autogas komt leveren. Soms is hier sprake van een schatting door de stationhouder.

<b>Lever m<sup>3</sup>:</b>	De gemiddelde hoeveelheid LPG die per keer wordt geleverd door de tankauto, in m <sup>3</sup> .
<b>Tank liter:</b>	De gemiddeld getankte hoeveelheid per klant, in zijn/haar auto.
<b>Open:</b>	De openingstijden van het station.. De gegeven openingsuren gelden meestal voor de dagen maandag – vrijdag. In veel gevallen gaat een station in het weekend iets later open (za. een uur later, zo. twee uur later).
<b>Dicht:</b>	Hier zijn de sluitingsdagen vermeld.
<b>T-VP:</b>	De afstand tussen de opslagtank en het tankauto-vulpunt.
<b>T-Z:</b>	De afstand tussen de opslagtank en de afleverzuil.

Ook is informatie verzameld over afstanden tussen het tankstation en omliggende kwetsbare bestemmingen. Deze was echter niet voldoende compleet, en bovendien in dit stadium niet opportuun voor de definitie van een ‘karakteristiek station’.

### **3. Samenvatting van waarnemingen en kenmerken; voorstel voor karakteristieke stations**

In deze paragraaf worden de geregistreerde parameters gegeven en wordt een voorstel gedaan welke grootheden voor het karakteristieke LPG-tankstation zullen worden gehanteerd.

#### **3.1 Kenmerken LPG-stations in bebouwde kom en buitengebied.**

##### ***Grootte opslagtank***

Verreweg het grootste deel van de LPG-tankstations beschikt over één ondergrondse opslagtank met een capaciteit van 20 m<sup>3</sup>. In circa 20% van de gevallen is een capaciteit van 40 m<sup>3</sup> aanwezig. De tanks worden tot maximaal 85% gevuld.

##### ***Zuilen en afleverslangen***

De meeste stations beschikken over één afleverzuil voor LPG, met daarop twee slangen (tankeilanden). In ongeveer een kwart van de gevallen zijn er twee zuilen; dit komt vooral voor in situaties waar sprake is van een dubbel tankstation, dwz aan weerszijden van de weg. In die situaties zijn er overigens slechts één opslagtank en één vulpunt aanwezig.



### ***Omzet***

Uitgaande van de door de leveranciers opgegeven omzetten, vinden we een range van 61 m<sup>3</sup>/jaar tot 1800 m<sup>3</sup>/jaar.

Met weglating van de twee hoogste en twee laagste extremen, bedraagt de gemiddelde omzet: 514 m<sup>3</sup>/jaar. Voorstel voor karakteristiek station: 500 m<sup>3</sup>/jaar.

### ***Leveringsfrequentie en -hoeveelheid***

De frequentie van ‘storten’ varieert, uiteraard met de omzet, van 1 tot 8 keer per maand. De (door de stationhouder geschatte) storting varieert van 8 tot 30 m<sup>3</sup> per keer. Een goed gemiddelde is 15 m<sup>3</sup>/per keer, wat bij 500 m<sup>3</sup>/jaar overeenkomt met 34 stortingen per jaar, ofwel 3x per maand.

De duur van aanwezigheid van de tankauto bedraagt, naar schatting van pomphouders, gemiddeld zo’n 20 á 30 minuten per keer. De tankauto is niet gedurende deze hele periode aangekoppeld; administratieve activiteiten en een kopje koffie drinken maken het half uur vol. Soms echter is de stationhouder van de aanwezigheid van de tankauto niet op de hoogte.

### ***Vulling tankauto***

Een karakteristieke grootte van de tankauto bedraagt 60 m<sup>3</sup>. Deze is voor maximaal 90% gevuld, ofwel 54 m<sup>3</sup>. Dit betekent dat een tankauto per rit drie á vier stations van een storting kan voorzien. Dit betekent tevens dat de vullinggraad bij arriveren bij een tankstation ook zal variëren. Dit is weer een belangrijke parameter voor de hoeveelheid LPG die bij een incident op een tankstation (bijvoorbeeld een BLEVE) betrokken kan zijn. Voorgesteld wordt om drie situaties te onderscheiden: 33% kans op 50 m<sup>3</sup> LPG, 33% kans op 35 m<sup>3</sup> LPG en 33% kans op 20 m<sup>3</sup> LPG. Daarbij dient ook nog te worden bezien of er grond is om hierbij ook te differentiëren naar de kans op BLEVE: een ‘lege’ tank heeft een grotere gaskap, en dus een groter oppervlak dat bij brandaanstraling kan bezwijken.

### ***Tanking per klant***

De hoeveelheid LPG die per klant wordt getankt varieert van 25 liter tot 40 liter (met wat uitschieters voor grotere auto’s). 35 liter per keer lijkt een goed gemiddelde. Voor een gemiddeld station met een omzet van 500 m<sup>3</sup>/jaar, komt dit neer op ruim 14.000 klanten per jaar, die circa 2 minuten zijn aangesloten op de tankinstallatie.

### ***Openingstijden***

Vrijwel alle stations zijn dagelijks open. Een enkeling sluit op zondag. Als generiek kan worden uitgegaan van openingstijden van 06.00 uur ‘s-ochtends tot 22.00 uur ‘s-avonds.

### ***Interne afstanden***

De afstanden tussen de respectievelijke systeemonderdelen (vulpunt, opslagtank en afleverzuil) variëren sterk. Soms zijn grote afstanden en/of lokaties gekozen om aan de vereiste veiligheidsafstanden te voldoen.

Aangezien rond alle drie onderdelen separate afstandscirkels worden gehanteerd, is het niet nodig hiervoor een algemene situatie te definiëren.

### **3.2 Kenmerken LPG-stations langs snelweg**

#### ***Grootte opslagtank***

Langs snelwegen treft men tankcapaciteiten van diverse omvang. Ook treft men vaak meerdere (tot drie) tanks op dezelfde lokatie. Een gemiddelde capaciteit van 40 m<sup>3</sup> wordt voorgesteld.

#### ***Zuilen en afleverslangen***

Snelwegstations beschikken alle over (minimaal) twee zuilen, vrijwel elk voorzien van twee slangen. Deze situatie wordt voorgesteld voor het karakteristieke snelwegstation.

#### ***Omzet***

Uitgaande van de door de leveranciers opgegeven omzetten, vinden we een range van 538 tot 3189 m<sup>3</sup>/jaar. Het gemiddelde bedraagt circa 1500 m<sup>3</sup>/jaar.

#### ***Leveringsfrequentie en -hoeveelheid***

De frequentie varieert, uiteraard met de omzet, van 4 tot 16 keer per maand. De (door de station-houder geschatte) storting bedraagt 8 – 28 m<sup>3</sup> per keer. Een redelijk gemiddelde is 20 m<sup>3</sup>/per keer, wat overeenkomt met 75 stortingen per jaar, ofwel 6 á 7x per maand.

De duur van aanwezigheid van de tankauto bedraagt, naar schatting van pomphouders, gemiddeld zo'n 30 minuten per keer.

#### ***Vulling tankauto***

Een karakteristieke grootte van de tankauto bedraagt 60 m<sup>3</sup>. Deze is voor maximaal 90% gevuld, ofwel 54 m<sup>3</sup>. Dit betekent dat een tankauto per rit twee á drie snelwegstations van een storting kan voorzien. Dit betekent tevens dat de vullinggraad bij arriveren bij een tankstation ook zal variëren. Dit is weer een belangrijke parameter voor de hoeveelheid LPG die bij een incident (bijvoorbeeld een BLEVE) betrokken kan zijn. Voorgesteld wordt om twee situaties te onderscheiden: 50% kans op 50 m<sup>3</sup> LPG en 50% kans op 25 m<sup>3</sup> LPG. Daarbij dient ook nog te worden bezien of er grond is om hierbij ook te differentiëren naar de kans op BLEVE: een 'lege' tank heeft een grotere gaskap, en dus een groter oppervlak dat bij brandaanstraling kan bezwijken.

#### ***Tanking per klant***

De hoeveelheid LPG die per klant wordt getankt varieert van 10 liter tot 50 liter (met wat uitschieters voor grotere auto's). 35 liter per keer lijkt een goed gemiddelde. Voor een gemiddeld station met een omzet van 1500 m<sup>3</sup>/jaar, komt dit neer op circa 43.000 LPG-klanten per jaar.

### ***Openingstijden***

Alle stations zijn dagelijks open, de meeste 24 uur per dag. Dit wordt voorgesteld als de algemene situatie.

### ***Interne afstanden***

De afstanden tussen de respectievelijke systeemonderdelen (vulpunt, opslagtank en afleverzuil) variëren sterk. Aangezien rond alle drie onderdelen separate afstands-cirkels worden gehanteerd, is het niet nodig hiervoor een algemene situatie te definiëren.

## **4. Overige waarnemingen en citaten; incidenten**

Bij de bezoeken is ook gevraagd naar ervaringen met incidenten op het LPG-tankstation. Onderstaand een samenvatting van vermelde gebeurtenissen en overige opmerkingen:

- De omzet van LPG is in de afgelopen jaren (fors) gedaald. Sommige stations spreken van een daling met meer dan 30% over de laatste vijf jaar. “De zakelijk rijder is massaal op diesel overgestapt”. “Recente fiscale aanpassingen kunnen dit tijdelijk keren”.
- Het meest voorkomende incident op een LPG-tankstation is het weggrijden van de getankte auto met de nog aangekoppelde vulslang. Frequenties lopen uiteen van ‘eens per jaar’ tot ‘bijna wekelijks wel een keer’. Tot gerapporteerde gasontsnappingen leidt dit eigenlijk nooit. De brekkoppeling is zeer effectief. Schade wordt wel gerapporteerd in de gevallen dat de slang om een aanrijpaaltje ligt. Vooral de weggrijdende auto loopt hierbij ernstige averij op.
- Vastgesteld is ook dat de frequentie van optreden van dit type incidenten op bediende (dus niet-zelftank) stations veel lager ligt. Verder hebben enkele maatschappijen tegenwoordig een systeem dat kassavrijgave pas initieert nadat de slang en vulkoppeling correct in de automaat zijn teruggeplaatst. Deze faciliteit is voor de benzine- en dieselpompen vrij algemeen aanwezig, maar voor LPG nog minder gangbaar. De kioskbediende kan de klant dan op zijn vergissing wijzen voordat kan worden betaald. Bij stations waar deze voorziening aanwezig is, worden eigenlijk geen slangbreuken meer geregistreerd.
- Hoewel minder frequent dan weggrijden met aangekoppelde slang, komt het ook nogal eens voor dat de terugslagklep op de autotank faalt (blijft hangen). Het tankje spuit dan leeg. Waarschijnlijk is een vuiltje of een metaalbraam vaak de oorzaak. Stationspersoneel weet wat te doen: bajonet er weer opdrukken, waarna het klepje meestal weer sluit.

- Bij een soortgelijk incident (GL-17) bleef de uitstroming doorgaan. Door de bestuurder is de auto van de handrem gezet en naar de overkant van de weg geduwd. Daar liet men de tank ‘rustig leegstromen’. Een LPG-wolk verspreidde zich laag over de grond. Er trad geen ontsteking op.
- Eénmaal werd gerapporteerd (ZH-09) over een totaal ondeugdelijke autogasinstallatie in een (buitenlandse) auto. “Het gas kwam aan alle kanten naar buiten”.
- Een incident (ZH-20, 1992) betrof het onder zeer hete zomermomstandigheden zodanig oplopen van de druk in de vulslang dat deze opbolde en openscheurde. De ontsnapping bleef beperkt tot de slanginhoud.
- Bij een bodemsanering rond een tankstation (ZH-10, 1992) werd de kuil waaruit grond moest worden verwijderd rondom afgezet met damwandplaten. Eén plaat viel uit de takel, precies bovenop de (ondergrondse) LPG-tank. De plaat sloeg het leidingwerk dwars door de tankwand. “Gelukkig was de tank vooraf helemaal leeg en gasvrij gemaakt, anders hadden we de landelijke pers, en misschien ook CNN, gehaald”. Er zou jurisprudentie rond deze zaak zijn opgebouwd om bij verbouwingen op tankstations te verplichten om de tanks te legen en de verkoop dus te stoppen, maar ‘bij mijn concurrent 4 km verderop is de gaslevering gewoon doorgegaan toen hij zijn zaak vorig jaar heeft verbouwd.’
- Een vrachtwagen die na het tanken van diesel wilde wegrijden (ZH-14, 1998), reed ongemerkt een stukje achteruit, en ramde de LPG-zuil. Hij reed de aanrijpaaltjes uit de stoep. Het leidingwerk onder de zuil brak gedeeltelijk af, waardoor aanvankelijk de leidinginhoud uitstroomde. Met de noodknop in de kiosk werd de afsluiter in de opslagtank gesloten, maar deze bleek toch nog wat gas door te laten. ‘Het siste nog de hele tijd’. De gasleverancier heeft de betreffende tank nog diezelfde dag helemaal leeg gemaakt. Aangezien er twee tanks liggen, en ook twee afleverzuilen op het station staan, kon de verkoop de volgende dag worden hervat.
- Een incidentrapportage vermeldt dat eens LPG was getankt in een auto waaruit de LPG-installatie was verwijderd. Men had verzuimd de vulaansluiting te verwijderen. Gevolg was dat de koffer-ruimte met ongeveer 50 liter LPG werd gevuld.
- Behalve het vullen van de auto-brandstoftank, worden ook wel eens soortgelijke tanks van vorkheftrucks gevuld. Deze worden dan los aangevoerd. Vullen van een auto met binnen-aansluiting is niet toegestaan, maar werd tijdens de bezoeken wel een keer waargenomen. De bestuurder hoopt op deze wijze betaling van de (extra) motorrijtuigenbelasting te ontlopen.

- Bij een slippartij bij een snelwegstation (GL-09) is een auto op de bovengrondse tank gebotst, dwars door het hekwerk heen. Er vond een flinke LPG-uitstroming plaats, maar geen ontsteking. Na dit ongeval is een vangrail voor de tank-omheining geplaatst.
- Een snelwegstation (GL-10) rapporteert ook een dergelijke aanrijding, omstreeks 1980. De snelweg lag er toen overigens nog niet. De tank is geheel leeggestroomd, maar het is niet tot ontsteking van de gaswolk gekomen.



## **Bijlage 2.4   Uitgangspunten scenario's te beschouwen voor LPG-tankstations**

## **Uitgangspunten scenario's te beschouwen voor LPG-tankstations**

Auteur: Ing. J.M. Ham (TNO-MEP); 13 april 1999

Een evaluatie van de ontwikkelingen van beschouwde (en te beschouwen) scenario's voor de risico-analyse rond LPG-tankstations leert dat de verschillende stappen en de momenten waarop deze in besluitvorming en beleid zijn vastgesteld niet overall even duidelijk zijn te achterhalen. Daarom wordt onderstaand eerst een overzicht gegeven van dat wat in de verschillende fasen hoogstwaarschijnlijk is gehanteerd en ook gefaseerd als voorzieningen en uitgangspunten is geïmplementeerd.

### **1. De LPG-Integraal studie**

Deze studie is uitgevoerd in de periode 1981 - 1983. Hierin is de gehele LPG-keten in beschouwing genomen, inclusief aanlanding, distributie, depots, kleingebruik en de tankstations. Grote aantallen scenario's zijn daarbij beschouwd. Alleen de relevante zijn in de beschouwing verder meegenomen. Hierbij valt nog op te merken dat met het gebruik van gebeurtenissenbomen werd aangetoond dat in veel gevallen de scenario's met succesvolle systeemreacties niet tot relevante ongevallen zullen leiden. In de kansbeschouwing is dan dus de ontwikkelingskans een belangrijk gegeven.

In LPG-I zijn als relevante scenario's geïdentificeerd:

Voor de stationaire opslag:

- falen van de vloeistofleiding; uitstroomdebiet 6.3 kg/sec,  $f = 5 \times 10^{-6}$ /jaar
- BLEVE van de opslagtank (bovengronds);  $m = 9200$  kg,  $f = 1 \times 10^{-5}$ /jaar

Voor de tankauto en het vulpunt:

- falen van de vloeistof-zuigleiding; uitstroomdebiet 15 kg/sec,  $f = 1 \times 10^{-7}$ /jaar
- falen van de vloeistof-persleiding; uitstroomdebiet 3.8 kg/sec,  $f = 1 \times 10^{-4}$ /jaar
- BLEVE tankauto;  $m = 18.900$  kg,  $f = 2 \times 10^{-5}$ /jaar

Voor de afleverzuil:

- falen van de afleverleiding, doorstroombegrenzer werkt;  $m < 100$  kg, flash fire en VCE,  $f = 9 \times 10^{-4}$ /jaar
- falen van de afleverleiding, doorstroombegrenzer faalt;  $q < 1$  kg/s, fakkel,  $f = 8 \times 10^{-7}$ /jaar

### **2. De Integrale Nota LPG**

Op basis van de conclusies van de LPG Integraal Studie is in de Integrale Nota LPG (1985) een aantal voorzieningen vereist geworden die vooral van invloed zijn geweest op (de kans op) BLEVE's. Zo is voor het karakteristieke tankstation verondersteld dat het opslagreservoir ondergronds wordt geplaatst; dit is ook de vereiste situatie voor de sanering geweest. Instantaan falen en BLEVE van het statio-



naire reservoir wordt dan niet meer beschouwd. Verder is door aanvullende vereisten aan de tankauto de kans op BLEVE daarvan verlaagd met bijna een factor 10, tot  $3 \times 10^{-6}$ /jaar. De overige scenario's lijken gelijk te zijn verondersteld.

### 3. Aanpassingen tankauto en verlaadprocedure

Ná verschijnen van de Integrale Nota LPG, maar vóór vaststelling van de Saneringsnota, is door TNO een aanvullend onderzoek gedaan naar mogelijkheden tot verdere reductie van de BLEVE-kans van de tankauto [7]. De voorgestelde maatregelen omvatten ondermeer:

- installeren van veerbelaste veiligheidskleppen op de tankauto
- installeren van op afstand bedienbare, binnenliggende bodemkleppen in de tankauto
- installeren van noodstop-voorzieningen op enkele aangewezen plaatsen op de tankauto
- installeren van een wegrij-alarmering op de tankauto
- installeren van op afstand bedienbare afsluiters op het opslagreservoir die kunnen worden gesloten indien de tankauto door een brand verhit kan worden
- afsluiten en uit bedrijf nemen van aanwezige dampretoursystemen
- voorkomen van gelijktijdig lossen van een LPG-tankauto en een tankauto voor andere (motor-) brandstoffen, dan wel minimaal aan te houden afstanden tussen beide
- uitschakelen van de tankauto-motor tijdens aan- en afkoppelen van verlaadslangen
- tankauto-chauffeur is verantwoordelijk voor de vulprocedure; hij moet tijdens vullen van het reservoir permanent aanwezig blijven en toezicht houden
- vullen is verboden indien roken of open vuur aanwezig is
- aardekabel tussen vulpunt en tankauto dient gedurende gehele vulperiode aangesloten te zijn
- eisen worden gesteld aan beoordeling vóór en tijdens gebruik van de vulslangen, die verder aan een maximale (uitrol-)lengte zijn gebonden (7,5 meter)
- voorafgaand aan het vullen moet de maximaal te lossen hoeveelheid worden vastgesteld
- na beëindiging van het vullen dient het vulpunt met een blindflens te worden afgesloten.

Genoemde maatregelen zijn uiteindelijk in regelgeving vastgelegd en sinds 1988 algemeen gehanteerde praktijk geworden.

De frequentie van optreden van BLEVE van de tankauto zou hiermee verder verlaagd worden tot minimaal  $f = 2 \times 10^{-7}$ /jaar, ofwel een factor 100 lager dan de uitgangspunten van de LPG-Integraal studie. In technische zin hebben sindsdien geen aanvullende maatregelen meer plaatsgevonden.

De gehanteerde frequenties hangen deels samen met de frequentie van beladen of de duur van aanwezigheid van de tankauto. Voor andere scenario's is een dergelijke tijd-afhankelijkheid er niet.

Verder is ook onderscheid gemaakt in de BLEVE-frequentie voor verschillende opstelplaatsen van de tankauto, en de daarvan afhankelijke kans om aangereden te worden door ander (vracht-)verkeer. Voor een uiteindelijk gekozen 'karakteristiek' station is deze differentiatie niet gehanteerd, maar is een zekere minimale waarde aangehouden.

Drie BLEVE-oorzaken worden nog onderscheiden:

- Langdurige lekkage van LPG nabij de tankauto: oorspronkelijk  $0.41 \times 10^{-3}$  /jaar (pg 13), door maatregelen gereduceerd tot  $0.29 \times 10^{-6}$  /jaar (pg 17). Op de laatste is een kans op ontsteking verondersteld van  $p=0.2$ . Frequentie langdurige brand wordt dan  $0.058 \times 10^{-6}$  /jaar.
- Mechanische inslag: aanrijding met lekkage  $f = 2.3 \times 10^{-7}$  /jaar tot  $2.5 \times 10^{-9}$  /jaar (pg 25); de laatste geldt voor een 'geïsoleerde' opstelplaats. Als minimale frequentie wordt  $5 \times 10^{-9}$  /jaar aanbevolen. In het rapport wordt de bovenwaarde aangehouden:  $f = 2.3 \times 10^{-7}$  /jaar.
- Omgevingsbrand:  $8 \times 10^{-6}$  /jaar (pg 28), gereduceerd tot maximaal  $2 \times 10^{-6}$  /jaar (pg 34).

Eén en ander resulteert in een BLEVE-frequentie voor de tankauto van  $1.3 \times 10^{-6}$  per jaar, gebaseerd op 100 overslagen per jaar.

#### 4. Conclusies voor huidige situatie

Geconcludeerd mag worden dat de sinds de vaststelling van de afstandscriteria rond LPG-tankstations (vulpunt, ondergronds reservoir en afleverpunt) aan de veronderstelde technische voorzieningen van het tankstation en de tankauto niet daadwerkelijk iets is veranderd. Weliswaar zijn enkele maatregelen geïmplementeerd, maar deze werden in de risico-berekeningen die aan de afstandscriteria ten grondslag lagen, reeds aanwezig verondersteld.

Mogelijk wél relevante wijzigingen in de huidige praktijk betreffen:

- De inhoud van de tankauto: deze is in de vroegere berekeningen op gemiddeld  $44 \text{ m}^3$  verondersteld, terwijl nu  $60$  á  $65 \text{ m}^3$  gangbaar is;
- De frequentie van overslag: in voorgaande studies werd hiervoor een gemiddelde van 100 keer per jaar aangehouden, uit de recente inventarisatie blijkt deze gemiddeld 35 per jaar te bedragen (voor niet-snelweg stations). Op basis van omzetten varieert de frequentie naar verwachting (afgerond) van 10 tot 100 keer per jaar. Voor snelweg-stations bedraagt deze range 50 tot 200 keer per jaar.

Daarnaast kunnen herziene inzichten in de modellering van effecten en in de presentatie van risico's tot wijzigingen in de conclusies leiden.

## 5. Scenarios bij volgen van het “Paarse Boek”

Recent is het zogenaamde “Paarse Boek” ontwikkeld, als handleiding voor het uitvoeren van QRA's voor stationaire inrichtingen. Hierin worden ondermeer generieke ongevalsscenario's en faalfrequenties aanbevolen, welke vooral voor BRZO'99-plichtige inrichtingen kunnen worden gehanteerd.

Overwogen kan worden om deze aanbevelingen ook op de QRA voor LPG-tankstations van toepassing te veronderstellen. Indien dit wordt gedaan, resulteert het onderstaande beeld.

Voor de stationaire opslag, reservoir:

Er is sprake van een pressure vessel. Te beschouwen scenario's (ook voor ondergrondse tanks, zie [5], pg. 3.3, Note 3) zijn:

- instantaan falen,  $f = 5 \times 10^{-7}$ /jaar
- leegstromen in 10 minuten,  $f = 5 \times 10^{-7}$ /jaar
- continue uitstroming via gat met diam = 10 mm,  $f = 1 \times 10^{-5}$ /jaar

Voor de stationaire opslag, pijpwerk:

- breuk (d = 1.25, 30 mm),  $f = 1 \times 10^{-6}$ /meter/jaar; uitgaande van 10 m lengte, bedraagt  $f = 1 \times 10^{-5}$ /jaar
- lek 10% (3 mm),  $f = 5 \times 10^{-6}$ /meter/jaar; uitgaande van 10 m lengte, bedraagt  $f = 5 \times 10^{-5}$ /jaar

Voor tankauto en overslag-activiteiten:

- instantaan falen tankauto:  $f = 5 \times 10^{-7}$ /jaar
- afbreken grootste vloeistofaansluiting (3 inch):  $f = 5 \times 10^{-7}$ /jaar (NB: LPG-tankauto is voorzien van doorstroombegrenzers)
- breuk van losslang (3 inch = 75 mm):  $f = 4 \times 10^{-6}$ /uur
- lek in losslang (7.5 mm):  $f = 4 \times 10^{-5}$ /uur
- ‘external impact’ en ‘nearby fire’ dienen met de lokale situatie rekening te houden; voor LPG-stations bedragen deze samen  $1.3 \times 10^{-6}$ /jaar (uit vorige studies, zie paragraaf 3 en 4)

NB: alleen in de laatste is reeds met de aanwezigheidsduur van de tankauto rekening gehouden; voor de overige dient hiervoor nog te worden gecorrigeerd.

Voor de afleverzuil:

- Leidingbreuk (diam. 1.25 inch = 30 mm; lengte 75 meter):  $f = 1 \times 10^{-6}$  per meter/jaar, ofwel  $7.5 \times 10^{-5}$ /jaar
- Leiding lekkage (diam 3 mm, lengte 75 meter):  $f = 5 \times 10^{-6}$  per meter/jaar, ofwel  $3.75 \times 10^{-4}$ /jaar

## 6. Resumé voor scenario's volgens Integrale Nota en Paarse Boek

In onderstaande tabel zijn de uitgangspunten naast elkaar gezet welke bij de onderscheiden benaderingen als scenario's zouden worden gekozen indien de benadering volgens de Integrale Nota zou worden gevolgd tegenover die volgens het Paarse Boek.

In de tabel zijn voor beide situaties de initiële frequenties aangegeven, voor zover het betreffende scenario is (zou moeten worden) beschouwd. De aanduiding '- -' betekent dus: deze LoC-situatie wordt volgens de betreffende aanpak niet beschouwd. In enkele gevallen is alleen de formulering verschillend, bijvoorbeeld: bij de tankauto wordt de 'vloeistofpersleiding' uit de Integrale Nota in het Paarse Boek 'losslang' genoemd. Verder is in LPG-I verondersteld dat instantaan falen van een LPG-vat altijd een BLEVE en vuurbal oplevert, terwijl in het Paarse Boek en IPO-A73 dit instantaan falen in 50% van de gevallen tot een vertraagde ontsteking van een initiële gaswolk leidt.

Voor de scenario's volgend de Integrale Nota zijn de brontermen gegeven voor zowel de berekende situatie in 1985 als voor de nieuwe inzichten, dat wil zeggen volgens de modellering met het nieuwe Gele Boek, en voor de nu gangbare systeemgrootten.

Relevante scenario's	Integrale Nota			Paarse Boek	
	Frequentie	Bronterm '85	Bronterm '97	Frequentie	Bronterm
<b>STATIONAIR RESERVOIR</b>					
Instantaan vrijkomen 20 m <sup>3</sup>	--	--	--	$f = 5 \times 10^{-7}$	9.200 kg
BLEVE 20 m <sup>3</sup>	--	--	--	uitgesloten	9.200 kg
Leegstromen in 10 min.	--	--	--	$f = 5 \times 10^{-7}$	15.3 kg/s
Uitstroming via 10 mm gat	--	--	--	$f = 1 \times 10^{-5}$	1.2 kg/s
Falen vloeistofleiding, breuk, $d = 1.25'' = 30$ mm; $l = 10$ m	$f = 5 \times 10^{-6}$	6.3 kg/s	1.4 kg/s	$f = 1 \times 10^{-5}$	1.4 kg/s
Lekkage vloeistofleiding, $d = 3$ mm; $l = 10$ m	--	--	--	$f = 5 \times 10^{-5}$	0.01 kg/s
<b>TANKAUTO / VULPUNT</b>					
Breuk vloeistof-zuigleiding, 3"; $l = 10$ m	$f = 1 \times 10^{-7}$	15 kg/s	12,9 kg/s	--	--
Breuk vloeistof-persleiding, 2"; $l = 10$ m	$f = 1 \times 10^{-4}$	3.8 kg/s	3.9 kg/s	--	--
Breuk losslang, $d = 75$ mm; $l = 7.5$ m	--	--	--	$f = 4 \times 10^{-6}$ /uur $= 7 \times 10^{-5}$ /jaar	10.6 kg/s
Lekkage losslang, $d = 7.5$ mm; $l = 7.5$ m/s	--	--	--	$f = 4 \times 10^{-5}$ /uur $= 7 \times 10^{-4}$ /jaar	0.09 kg/s
Instantaan vrijkomen 60 m <sup>3</sup>	Is BLEVE	--	--	$f = 2.5 \times 10^{-7}$	25.700 kg
BLEVE 60 m <sup>3</sup>	$f = 3 \times 10^{-6}$	18.900 kg	25.700 kg	$f = 2.5 \times 10^{-7}$ $+ 1.3 \times 10^{-6}$	25.700 kg
Tank, breuk grootste aansluiting	--	--	--	$f = 5 \times 10^{-7}$	68.8 kg/s
<b>AFLEVERZUIL</b>					
Breuk afleverleiding, doorstroombegrenzer werkt; $d = 30$ mm	Flash fire, $f = 9 \times 10^{-4}$	< 100 kg		--	max 100 kg
Breuk afleverleiding, doorstroombegrenzer faalt $d = 30$ mm	Fakkelt, $f = 8 \times 10^{-7}$	< 1 kg/s	0,62 kg/s	$f = 1.1 \times 10^{-5}$	0.62 kg/s
Lekkage afleverleiding, $d = 3$ mm	--	--	--	$f = 2.5 \times 10^{-4}$	0.004 kg/s

N.B. In de faalcijfers kunnen nog beperkte aanpassingen nodig blijken indien de aanwezigheidskans hierin niet (volledig) is verdisconteerd of indien de karakteristieke verlaadfrequentie aanpassing behoeft.

Uit bovenstaande tabel worden als belangrijkste verschillen geconstateerd:

- Het Paarse Boek beveelt aan om het instantaan falen van een ondergrondse tank als LoC-situatie in de QRA te beschouwen, waarmee de BLEVE van het stationaire reservoir dus weer denkbaar wordt geacht.
- Evenals bij LPG-I, blijken de lekkage-scenario's in het algemeen lage uitstroomdebieten op te leveren (< 0.1 kg/s) welke voor het externe risico niet relevant zijn.
- De grotere tankauto (25.7 ton versus 18.9 ton) zal in de huidige situatie tot grotere letselafstanden voor BLEVE's kunnen leiden.
- Het voor tankauto's toegevoegde scenario in het Paarse Boek, breuk van de grootste aansluiting, introduceert een aanzienlijke continue bron.

## 7. Indicatieve vergelijking van schade-afstanden

Onderstaand zijn de resultaten gegeven voor voorlopige schade-berekeningen volgende uit de respectievelijke scenario's. Alleen de voor het omgevingsrisico relevante scenarios zijn hierin gehandhaafd.

Met de in de tabelkop genoemde termen wordt bedoeld:

- Integrale Nota, 1985: Dit zijn de resultaten van de scenario's en de berekeningen zoals deze in 1985 zijn gehanteerd.
- Integrale Nota, 1997: Hierbij zijn dezelfde scenario's onderscheiden als in 1985, maar zijn de huidige modelleringsinzichten gebruikt. Belangrijkste verschillen liggen in de introductie van de derde editie van het Gele Boek en in een meer correcte berekening van het schadegebied voor warmtestraling bij een BLEVE.
- Paarse Boek: Hierin is de definitie van de in een QRA te beschouwen scenario's afgestemd op in de CPR-RE gegeven aanbevelingen [9], en zijn ook de laatste modelleringsinzichten verwerkt.

Relevante scenario's	Integrale Nota, 1985			Integrale Nota, 1997			Paarse Boek		
	99%	50%	1%	99%	50%	1%	99%	50%	1%
<b>STATIONAIR RESERVOIR</b>									
Instantaan vrijkomen inhoud	--	--	--	--	--	--	100		
BLEVE	--	--	--	--	--	--	63	110	195
Breuk vloeistofleiding	34			~10			~10		
Tank leeg in 10 min	--	--	--	--	--	--	63		
<b>TANKAUTO / VULPUNT</b>									
Breuk zuigleiding	62			56			--	--	--
Breuk persleiding	24			24			--	--	--
Breuk losslang	--	--	--	--	--	--	50		
Instantaan vrijkomen inhoud	--	--	--	--	--	--	162		
BLEVE	80	80	200	88	200	320	88	200	320
Breuk grootste aansluiting	--	--	--	--	--	--	180		

Ter toelichting:

- Voor BLEVE's zijn de letselafstanden voor 99, 50 en 1 % letaliteit gegeven.
- Voor overige scenarios is alleen de 99% letaliteits-afstand gegeven, overeenkomend met de lengte van het flash-fire gebied van de (zwarte) gaswolk, bij weerklassse F-2. De overige letselfracties (lege vakjes) dienen eventueel nog aangevuld te worden met schade door explosie-overdrukken.
- Waar de aanduiding '--' is gegeven, is het scenario voor de onderhavige situatie niet als zodanig gedefinieerd.

De volgende conclusies kunnen voorlopig worden getrokken:

- Doordat bij toepassen van het Paarse Boek ook voor ondergrondse pressure vessels instantaan falen en BLEVEs worden aanbevolen, neemt het berekende risico rond het LPG-reservoir sterk toe ten opzichte van de uitgangspunten van de Integrale Nota LPG (1985).
- Zowel door de vergroting van de inhoud van LPG-tankauto's (van 44 m<sup>3</sup> naar 60 m<sup>3</sup>), maar vooral door een meer correcte presentatie van het BLEVE-warmtestralingsrisico buiten (de projectie van) de vuurbal, worden nu grotere schadeafstanden en hogere letaliteitsfracties berekend dan bij de Integrale Nota (1985) zijn gehanteerd.

- Het scenario 'breuk grootste aansluiting' voor de tankauto is in het verleden gemodelleerd onder aanname van de aanwezigheid van een stuk pijpleiding of stomp daaraan, waardoor twee-fasen uitstroming plaatsvond; dit verlaagde het uitstromingsdebiet aanzienlijk (factor 4?). Volgens het Paarse Boek wordt nu een gat in de tankwand verondersteld, waardoor een veel groter debiet ontstaat (68.8 kg/s).

Resumé: Naar verwachting zullen de huidige uitvoering van de LPG-tankauto en de huidige inzichten en aanbevelingen in scenario-keuzes en effect-modellering tot (aanmerkelijk) hogere risico's rond LPG-tankstations leiden.



## **Bijlage 2.5 Modelleringsaspecten instantaan falen van tanks (Verslag overleg RIVM - TNO op 8 juni 1999)**

## **Modelleringsaspecten instantaan falen van tanks**

(Verslag van overleg RIVM - TNO, op 8 juni 1999)

Binnen de studie 'QRA Generiek LPG-tankstation' zijn voor een (beperkt) aantal scenario's nieuwe modellerings-aspecten aan de orde gekomen die vooral betrekking hebben op het instantaan falen van een opslagtank of een tankauto. De gekozen modellering wordt onderstaand toegelicht. Eerst wordt de tot nu toe gangbare praktijk uiteengezet. De modellering is gericht op tot vloeistof verdichte, brandbare gassen, zoals LPG en propaan.

De nu gegeven voorstellen zijn tot stand gekomen in onderling overleg tussen RIVM en TNO-MEP.

### **Een stukje historie en de huidige praktijk**

In de LPG Integraal Studie en daarop volgende studies is het scenario 'instantaan falen' beschreven als een BLEVE: een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. Voor het goede begrip: hoewel BLEVE meestal wordt vereenzelvigd met de daarmee gepaard gaande vuurbal, is de BLEVE formeel een uitstromingsfenomeen. Het beschrijft het instantaan vrijkomen van een gas dat zich in het reservoir onder druk in vloeibare toestand bevindt, maar door wegvallen van die druk plotseling kookt en heftig expandeert. Op deze wijze verklaard, kan bijvoorbeeld ook chloor 'BLEVE'en', en is dat zelfs voor oververhitte stoom denkbaar. In deze gevallen is van een vuurbal echter geen sprake; het betreft immers onbrandbare stoffen.

Als belangrijkste (zo niet enige) oorzaken voor BLEVE's van LPG-tanks zijn in het verleden de aanstraling door een externe brand en beschadiging door externe impact (botsing e.d.) verondersteld. Om die reden is rond de sanering van LPG-tankstation, in de jaren tachtig, besloten om de stationaire opslagtank ondergronds te brengen of ingeterpt uit te voeren. Daarmee waren genoemde oorzaken voor de tank niet meer aanwezig en kon het BLEVE-scenario als niet meer denkbaar worden geëlimineerd. Instantaan falen werd dus niet meer beschouwd.

Bij het verschijnen van het Parse Boek is besloten dat aan het ondergronds of binnen omhulling opgesteld zijn van (opslag-)tanks geen credit kan worden toegekend ten aanzien van de mogelijke Loss of Containment situaties of de kansen daarop, ten opzichte van buiten, in de open lucht opgestelde tanks. Conclusie: ook instantaan falen is mogelijk voor ondergrondse tanks. Of hierbij ook de BLEVE met daaraan gekoppelde vuurbal een gerechtvaardigde ontwikkeling kan zijn, is onderwerp van discussie. Immers, de initiërende oorzaken (aanstraling of impact) kunnen uitgesloten worden geacht.

Daarnaast beveelt het Parse Boek aan dat het instantaan falen van een drukvat niet in alle gevallen tot een vuurbal zal leiden, maar dat ook een instantane flash fire het gevolg kan zijn. Hierbij wordt verondersteld dat zich direct ná de ontsnapping een

cirkelvormige zwaar-gas wolk rond het ongevalspunt zal vormen die na ontwikkeling 'semi-direct' wordt ontstoken. In overeenstemming met de flash-fire voor vertraagde ontsteking van een gedispergeerde gaswolk, moet worden verondersteld dat binnen het brand-gebied 100% sterfte zal optreden door direct vlamcontact. Hoewel dit fenomeen in het Paarse Boek wordt voorgesteld, bestaat er nog geen adequate modellering voor. In het Gele Boek wordt deze effect-ontwikkeling niet volledig beschreven. Met name de aan te nemen inmenging van lucht, de hoogte van de initiële wolk en het al dan niet in rekening brengen van de thermische expansie zijn parameters die een grote invloed zullen hebben op de afmetingen van het effectgebied.

### Voorstel voor modellering en de implicaties

#### *Vuurbal, ja of nee?*

Het zou logisch zijn om de ontwikkeling van een vuurbal als gevolg van het instantaan vrijkomen en direct ontstoken raken van LPG als mogelijkheid te veronderstellen. De vuurbal moet immers als een vervolggebeurtenis worden beschouwd, terwijl de BLEVE een vorm van vrijkomen is die tot een vuurbal kan leiden. Anderzijds worden door het ondergronds plaatsen van de LPG-reservoirs de traditionele oorzaken van zo'n BLEVE uitgesloten geacht, en is het echt instantaan falen (dus in "nul" seconden) ook uitgesloten.

Voorgesteld wordt daarom om aan de kans op het instantaan falen van ondergrondse drukvaten een credit toe te kennen, en vooral de zich snel (maar niet instantaan) optredende releases als denkbaar te handhaven. Ontwikkeling in een vuurbal wordt daarmee dus uitgesloten. Voor het gemiddelde ondergrondse LPG-reservoir (20,000 liter, 9200 kg) betekent dit dat de initiële faalfrequentie voor instantaan falen gereduceerd wordt met een 35%, namelijk: 0,5 voor kans op directe ontsteking en 0,7 voor kans op vuurbal. De resterende scenario's zijn dan: instantane flash fire:  $0,3 \times 0,5 = 0,15$  en vertraagde flash fire 0,5. Dit uiteraard betrokken op de initiële frequentie voor instantaan falen:  $5 \times 10^{-7}$  per jaar.

#### *Modellering instantane flash fire*

Dit scenario veronderstelt dat zich bij een (nagenoeg instantane) release rondom het ongevalspunt (de tank) een concentrische wolk vormt die wordt ontstoken voordat hij de kans krijgt zich door dispersie in benedenwindse richting te verspreiden. Gevolg zal een lokale flash fire zijn, mogelijk gepaard gaande met explosie-overdruk effecten. Direct vlamcontact en/of verstikking door de brand zullen echter de meest dominante schade-effecten geven. Een goede schatting van de afmetingen van de gaswolk is daarom cruciaal voor de resultaten van de risicoberekening.

De volgende aspecten spelen daarin een rol:

- Het volume vrijgekomen gas (9.200 kg propaan) bedraagt 5027 m<sup>3</sup>. De diameter van de wolk die resulteert is afhankelijk van de hoogte van de ‘schijf’ die wordt gevormd. In huidige modellering in het Gele Boek worden hiervoor geen aanbevelingen gegeven; expansie tot een halve bol wordt voorgesteld. Voorstellen zijn gedaan variërend van  $H = D/3$  en  $H = D/10$ , tot ‘hooguit enkele meters’. Resulterende wolkstralen (dus afstanden) variëren hiermee van 13,5 meter (voor  $H = D/3$ ) tot 28 meter (voor  $H = 2$  m).
- Voorgaande berekening geldt voor de afmetingen van een wolk welke uitsluitend uit puur LPG bestaat. Om te verbranden dient echter ook lucht aanwezig te zijn, minstens om in het brandbare / explosieve gebied te geraken. De maximale concentratie LPG (propaan) bedraagt bij de UFL 9,5 vol-%. Er moet dus minstens ruim 10 maal zoveel lucht zijn ingemengd om het mengsel tot ontbranding te kunnen brengen. Het wolkvolume bedraagt daarmee 53.000 m<sup>3</sup>. Met dezelfde range als hierboven, worden dan effectafstanden berekend van 30 meter ( $H = D/3$ ) tot 92 meter ( $H = 2$  m).
- In deze berekeningen is nog geen rekening gehouden met de expansie die de wolk zal ondergaan door de thermische uitzetting ten gevolge van de verbranding. Wanneer een verbrandingstemperatuur in de wolk wordt aangenomen van 1500 K, dan bedraagt deze expansie een factor 5 á 6. Het wolkvolume wordt daarmee 250 - 300 duizend m<sup>3</sup>. Deze expansie zal zeker ook in verticale richting bewegen, en zal aan de diameter-vergroting dus slechts beperkt bijdragen.

Onderkend is dat er behoefte bestaat om de kennis op dit terrein verder te vergroten. In de huidige regelgeving wordt voor de bebouwingsafstand ten opzichte van het ondergrondse reservoir gehanteerd: 40 meter t.o.v. woonbebouwing en categorie II objecten, en 20 meter t.o.v. categorie I objecten. De nu berekende afstanden van de instantane flash fire neigen ertoe deze afstanden te overschrijden. RIVM heeft op zich genomen om na te gaan of over modellering van dit fenomeen elders ervaring bestaat. De conclusies daarvan zullen worden voorgesteld voor de modellering in de uit te voeren risico-berekeningen.

## **Bijlage 2.6 Risico-berekeningen voor LPG-tankstations**

---

## Risico-berekeningen voor LPG-tankstations

Door: Ing. J.M. Ham (TNO-MEP)

Datum: 18 juni 1999

---

### 1. Inleiding

Ten behoeve van het project “QRA Generiek LPG-tankstations” zijn risico-berekeningen uitgevoerd voor de volgende drie activiteiten, respectievelijk systeem-onderdelen:

- de ondergrondse opslagtank (20.000 liter)
- de LPG-tankauto (60.000 liter) plus het vulpunt
- de afleverzuil

Primair is uitgegaan van een tankstation in de bebouwde kom met een doorzet van 500 m<sup>3</sup> per jaar; dit is de mediane waarde voor de doorzet uit de steekproef van circa 360 stations. Dit komt, ten aanzien van de leveringsfrequentie door een tankauto neer op circa 35 maal per jaar, ofwel 17,5 uur aanwezigheid.

Aangezien de doorzet sterk kan verschillen tussen individuele tankstations, is de situatie ook doorgerekend voor een drie maal zo hoge omzet. Dit komt overeen met 100 leveringen per jaar; deze waarde was ook in de LPG Integraal Studie aangehouden.

De doorzet heeft alleen invloed op de scenario's bij het vulpunt en de tankauto. De andere onderdelen kunnen als stationair en dus continu aanwezig risico worden beschouwd.

Een tweede verfijning die is toegepast is het onderscheid in verschillende vullinggraden van de tankauto op het moment dat deze bij een tankstation aanwezig is. Een tankauto kan tijdens één rit minimaal drie tankstations bevoorraden. Daarom is gedifferentieerd in drie vullinggraden: 100%, 67% en 33% vol, ieder met gelijke kansen.

Voor de ondergrondse tank zijn drie situaties doorgerekend, in verband met de discussie over het al dan niet beschouwen van het scenario van instantaan falen van deze tank. De consequenties van de keuzes zijn onderstaand ook beschreven.

## 2. Resultaten

**Opmerking vooraf: Deze bijlage is ontleend aan een interim-rapportage. Sommige van de gegeven resultaten kunnen iets afwijken van die welke gegeven zijn in hoofdstuk 4 van het hoofdrapport.**

De risico-berekeningen zijn gepresenteerd in zogenaamde f-X-curven. In onderstaande tabel zijn de afstanden gegeven waar respectievelijk de  $10^{-6}$  en  $10^{-7}$  individueel risico wordt berekend. Tevens zijn de vigerende veiligheidsafstanden vermeld.

Onderdeel	Vigerende afstanden [m]		Berekende afstanden [m]	
	Woon + Cat. II	Cat. I	IR = $10^{-7}$	IR = $10^{-6}$
Tankauto / vulpunt, omzet gemiddeld	80	30	65	210
Tankauto / vulpunt, omzet groot	80	30	135	265
Reservoir, alle scenarios			25	120
Reservoir, geen BLEVE			22	50
Reservoir, geen instantaan falen	40	20	20	32
Afleverzuil	20	20	12	20

## 3. Toelichting op verschillen in modellering

Er zijn enkele aspecten waarin de modellering van ongevalsscenario's voor LPG-tankstations verschilt ten opzichte van de LPG-Integraal Studie en de uitgangspunten van het Besluit LPG-tankstations. Deze worden onderstaand kort toegelicht.

### *Modellering BLEVE*

In LPG-Integraal is voor de schadeberekening aangenomen dat binnen (de projectie van) de vuurbal 100% letaliteit zal optreden en daarbuiten tot de 1%-warmtestralingsafstand gemiddeld 1% letaliteit. Dit laatste leidt tot een heel scherpe overgang (twee ordegrootten) in het risico op de grens van de vuurbal. Een correcte berekening in het warmtestralingsgebied buiten de vuurbal blijkt een aanzienlijk hoger risico-niveau op te leveren.

In de nu uitgevoerde studie is een meer gedifferentieerde berekening van de letaliteit door warmtestraling uitgevoerd. Dit is vooralsnog alleen van toepassing op de tankauto.

Een ander verschil ten opzichte van 1988 is de grootte van de tankauto; deze is toegenomen van 44 m<sup>3</sup> tot 60 m<sup>3</sup>.

### *Faalscenario's ondergrondse tank*

In de LPG Integraal Studie en vooral het Besluit LPG tankstations is het instantaan falen van een ondergrondse tank uitgesloten. Door het Paarse Boek wordt beschouwing van dit scenario tegenwoordig wel aanbevolen. Discussie is mogelijk

over de vraag of hiermee ook een BLEVE dient te worden beschouwd. Verondersteld wordt dat de vorming van een vuurbal uitgesloten mag worden. Resterende scenario's zijn dan: directe ontsteking met een flash fire en mogelijk explosies rond het ongevalspunt, of vertraagde ontsteking van een verspreide gaswolk.

#### *Modellering instantane flash*

Dit is een nieuw, door het Paarse Boek geïntroduceerd, type scenario. Het veronderstelt de vorming van een gaswolk rondom het ongevalspunt welke direct na vorming ontstoken wordt zonder daarbij BLEVE-achtige vuurbalverschijnselen te veroorzaken. Het wordt hier geïntroduceerd als een 'lokale flash fire'. Evenals bij de flash fire van een verspreide gaswolk, kan dit scenario in beginsel ook met explosie-overdrukken gepaard gaan.

In overleg met RIVM is dit scenario voorlopig als volgt gemodelleerd, mede na consultering door RIVM van externe deskundigen. Eén en ander moet worden gezien als expert judgement.

- Er vormt zich een gaswolk met inmenging van lucht tot de boven-explosiegrens, UEL = 9,5 vol%.
- Het LPG / lucht-mengsel vormt door expansie een halve bol als wolkvorm; hieruit wordt het grond-oppervlak ("foot-print") en dus de straal van het flash-fire gebied berekend.
- Afhankelijk van de mate van opsluiting van de wolk zal deze bij ontsteking verbranden met een meestal lage vlamsnelheid, dus zonder vorming van explosie-effecten. In bepaalde gevallen mag explosie echter niet worden uitgesloten.
- Thermische expansie zal zich voornamelijk in verticale richting bewegen, en heeft dus weinig of geen invloed op de schadeafstand.

Het is duidelijk dat één en ander zeker geen conservatieve, pessimistische modellering vormt. Er zal van onderschatting van effecten sprake kunnen zijn. Dit modelleringsaspect zou nader onderzocht moeten worden. Voor LPG-tankstations blijkt het scenario overigens geen belangrijke invloed te hebben op de ligging van de  $10^{-6}$  risicocontour, doordat de frequentie van dit scenario  $7,5 \times 10^{-8}$  per jaar bedraagt.

#### *Kans-aspecten*

Ten opzichte van de uitgangspunten van de Integrale Nota (1985) zijn de belangrijkste wijzigingen in de kans-getallen:

- de aanwezigheid van de tankauto: bij een gemiddeld tankstation 35 maal per jaar (was 100)
- introductie van het instantaan-falen scenario voor de ondergrondse tank



## **Bijlage 3    LPG-tankstations: Inventarisatie van mogelijke knelpunten m.b.t. het plaatsgebonden risico**

## **LPG-tankstations: Inventarisatie van mogelijke knelpunten m.b.t. het plaatsgebonden risico**

### **1. Inleiding**

Het ministerie van VROM is voornemens om door middel van een AMvB grenswaarden vast te leggen voor het plaatsgebonden risico. Voor categoriale inrichtingen, waaronder LPG-tankstations, worden deze grenswaarden gegeven in de vorm van aan te houden veiligheidsafstanden. De veiligheidsafstand die overeenkomt met een plaatsgebonden risico van  $10^{-5}$ /jaar wordt daarin als grenswaarde gekozen voor minder kwetsbare bestemmingen en voor alle bestaande situaties. Dat houdt in dat zich binnen die afstand alleen objecten mogen bevinden die zijn uitgezonderd van de normstelling. Als zich binnen deze afstand objecten bevinden die niet van de normstelling zijn uitgezonderd dan worden deze als knelpunt aangemerkt waarvoor een oplossing moet worden gevonden. In dit hoofdstuk wordt een schatting gemaakt van de aantallen knelpunten onder LPG-tankstations en van de kosten die mogelijk gemaakt moeten worden om deze knelpunten op te lossen.

Paragraaf 2 geeft, in een tabel, de berekende veiligheidsafstanden voor nieuwe en bestaande situaties voor vier categoriën van omzetgrootten rond het LPG-vulpunt. In paragraaf 3 worden de werkwijze en ervaringen in het knelpuntenonderzoek kort toegelicht. In paragraaf 4 en 5 worden de resultaten van de waargenomen knelpunten gegeven en wordt een extrapolatie naar heel Nederland gemaakt. Paragraaf 6 tenslotte geeft een indicatieve schatting van de kosten die met een sanering van de knelpunten kunnen zijn gemoeid.

Vooraf moet worden opgemerkt dat het beschreven onderzoek niet volledig kan zijn. Zowel de beperktheid van de in het onderzoek betrokken steekproef ( 29 van de 191 relevant geachte tankstations ofwel 15% ) als de onvolledigheid van de op kaarten weergegeven informatie (aard van de omgevingsbestemmingen niet te achterhalen) kunnen bronnen van onzekerheid in de uiteindelijke conclusies vormen. Getracht is om een zo goed mogelijke extrapolatie naar de situatie voor heel Nederland te maken, maar uiteindelijk zal een fysieke inventarisatie, geval voor geval, door of via de lokale bevoegde gezagen een exact beeld kunnen opleveren. Ook kan vergroting van de steekproef worden overwogen om de onzekerheden te reduceren.

## 2. Berekende veiligheidsafstanden rond LPG-tankstations

Uit de risico-analyse op basis van het referentie-tankstation zijn de volgende risico-afstanden rond het LPG-vulpunt vastgesteld:

Omzet [m <sup>3</sup> /jaar]	PR = 10 <sup>-6</sup>	PR = 10 <sup>-5</sup>	PR = 2x10 <sup>-5</sup>
	Afstand tot risicowaarde [m]		
0 - 500	43	22	10
500 - 1000	45	30	23
1000 - 1500	110	35	25
1500 - 2000	140	35	28

Op basis van de hier uitgevoerde risico-berekeningen is een afstand van 22 meter gevonden voor de 10<sup>-5</sup>-contour voor tankstations met een omzet tot 500 m<sup>3</sup>/jaar. Dit wijkt zo weinig af van de 20 meter die tot nu toe voor bestaande situaties werd gehanteerd dat er - mede gezien onzekerheden in risicoberekeningen en mogelijke meetfouten in interpretatie van het kaartmateriaal - van uit wordt gegaan dat voor deze tankstations de afstanden niet zullen wijzigen, in elk geval niet voor de 10<sup>-5</sup> risico-contour. Voor tankstations met een hogere omzet resulteert uit de berekeningen voor de 10<sup>-5</sup> contour een afstand van 30 meter (omzet 500 - 1000 m<sup>3</sup>/jaar) of 35 meter (omzet > 1000 m<sup>3</sup>/jaar). Deze afstanden zijn in deze knelpuntenstudie gehanteerd, waarbij de selectie ook is gericht op tankstations met een omzet groter dan 500 m<sup>3</sup>/jaar.

## 3. Werkwijze

Er zijn in Nederland circa 2200 LPG-tankstations. Bij de inventarisaties tot nu toe is gebleken dat:

- de stations qua lay-out (waar liggen de verschillende LPG-onderdelen) onderling sterk verschillen;
- de jaarlijkse verkoop van LPG (omzet) tussen tankstations onderling sterke verschillen vertoont, variërend van minder dan 50 m<sup>3</sup>/jaar tot meer dan 5000 m<sup>3</sup>/jaar. Meer dan de helft van de stations zet minder dan 500 m<sup>3</sup>/jaar om. LPG-stations met grote omzetten (zeg: > 1500 m<sup>3</sup>/jaar) worden vooral langs de snelwegen aangetroffen.

Van de twee grootste LPG-leveranciers zijn gegevens over de door hen beleverde stations verkregen, totaal circa 1500 stuks ofwel bijna 70% van de in Nederland aanwezige stations. Deze informatie is gebruikt om een (zo representatief mogelijke) steekproef van stations te bepalen om de mogelijke knelpunten te kunnen inschatten. De aard van informatie verschilde tussen de twee maatschappijen. Beide stelden gegevens beschikbaar als adres, omzet, ligging en grootte van de opslag-tank, maar informatie over de leeftijd en/of de typering van de omgeving (bebouwde kom, buitengebied, snelweg, etc.) was minder uniform beschikbaar.

De volgende overwegingen zijn betrokken bij de vaststelling van de steekproef:

- Knelpunten kunnen vooral verwacht worden rond tankstations met een omzet groter dan 500 m<sup>3</sup>/jaar. De 10<sup>-5</sup> risicocontour rond het LPG-vulpunt wordt daar nu berekend op een afstand van 22 meter, terwijl sinds de sanering in 1988 een minimale afstand van 20 meter steeds zou moeten zijn gehandhaafd, ongeacht de omzet. Het onderzoek heeft zich daarom geconcentreerd op tankstations met een grotere omzet.
- Knelpunten zijn vooral te verwachten bij tankstations die gelegen zijn binnen de bebouwde kom. Dit was een tweede inperking van de te bestuderen steekproef. Voor zover deze ligging niet door de maatschappijen was aangeduid, is een indicatie verkregen middels een gemeentekaart via postcode-adressen en het internet. Enige onzekerheid ontstaat door de grofheid van de schaal van zo'n plattegrond.
- Ook de leeftijd van het tankstation is een indicatie of er een potentieel probleem is. Aangenomen is dat sinds de invoering van het Besluit LPG-tankstations, resp. sinds de sanering in 1985, geen stations of ruimtelijke ontwikkelingen meer zijn toegelaten die een kortere afstand dan 80 meter tussen het vulpunt en kwetsbare bestemmingen toelieten. Wel zijn bij de Sanering bestaande situaties toegelaten waarbij de minimale afstand 20 meter bedroeg. Ook konden nog uitbreidingen met minder kwetsbare bestemmingen (kantoren met minder dan 50 werknemers, e.d.) worden toegelaten tot 20 meter afstand. Deze zouden nu een knelpunt kunnen vormen. De informatie van de LPG-maatschappijen geeft, voor zover vermeld, óf de datum van eerste 'storting' van LPG (door die maatschappij) of een indicatie vóór of ná juni 1984.
- Het risico rond het LPG-vulpunt is in de meeste gevallen de bepalende factor voor de 10<sup>-5</sup> risico-afstand. Dit risico is blijkens de studie nagenoeg recht evenredig met de omzet van het tankstation. Knelpunten worden daarom met name verwacht voor LPG-omzetten van meer dan 500 m<sup>3</sup>/jaar waar nu een veiligheidsafstand wordt berekend van 30 meter (bij een omzet van 1000 m<sup>3</sup>/jaar) of van 35 meter (bij een omzet van 1500 m<sup>3</sup>/jaar). Rond de andere LPG-onderdelen zijn binnen de onderzochte steekproef geen knelpunten aangetroffen.

We hebben daarom in dit onderzoek een steekproef geselecteerd van tankstations die voldoen aan de volgende criteria:

- gelegen binnen de bebouwde kom of aan de rand daarvan, én
- daterend van vòòr 1985, én
- met een omzet van meer dan 500 m<sup>3</sup> per jaar.

Voor zover de informatie van de twee LPG-maatschappijen daarover voldoende uitsluitsel gaf, bleken ongeveer 80 tankstations aan deze criteria te voldoen. Het totaal aantal tankstations met een omzet van meer dan 500 m<sup>3</sup>/jaar bedraagt 560. Het merendeel ervan ligt buiten de bebouwde kom en, zeker de grootste, vooral langs snelwegen.

Van de geïdentificeerde 80 tankstations zijn bij de twee maatschappijen de plattegronden van de installatie verzameld. Deze kaarten geven in het algemeen de lig-

ging van de verschillende LPG-onderdelen adequaat weer. Echter, de datering van de tekeningen blijkt sterk te variëren: sommige zijn vrij recent herzien (zeg: na 1995), andere daarentegen zijn van vòòr 1980. Aangenomen is dat de lay-out tekeningen de actuele situatie van het tankstation nog steeds correct beschrijven. Soms bevat de plattegrond ook een tekening van de omgeving, met daarop aangegeven de huidige geldende veiligheidscirkels, maar dat bleek niet in alle gevallen beschikbaar.

Voor vaststelling van de actuele situatie in de omgeving is gebruik gemaakt van (zowel hard-copy als digitale) kaarten van het Kadaster. Verzameling daarvan heeft veel tijd en moeite gekost. Vanwege de kwaliteit van de beschikbare informatie van zowel stationsplattegronden als kadasterkaarten, is het aantal te bestuderen situaties uiteindelijk gereduceerd tot circa 40 (uit de genoemde 80). Criterium hierbij was vooral dat uit deze kaarten de locaties van vulpunt, opslagtank en afleverzuil voldoende nauwkeurig konden worden bepaald ten opzichte van een referentiepunt in de omgeving.

Bij nadere bestudering van de informatie die op kadasterkaarten was gegeven bleek dat niet uniform wordt aangeduid wat de bestemming van een object is: een woning of een minder kwetsbaar object, dan wel een bijzondere bestemming zoals een kerk, een school of een bedrijfswoning. Waar dit wel duidelijk is, is daarmee bij de beoordeling van onderschrijding van de veiligheidsafstand rekening gehouden. Andere minder-kwetsbare objecten zijn in het onderzoek niet aangetroffen of waren niet als zodanig aangeduid. Waar de aard van de bestemming niet duidelijk was, is aangenomen dat het een kwetsbaar object is.

#### **4. Tankstations waarbij objecten binnen de risico-afstanden worden aangetroffen**

Met de beschikbare en verwerkte informatie konden de volgende conclusies worden getrokken:

- Er zijn 29 LPG-tankstations met hun omgeving in kaart gebracht; dit zijn ‘oude’ stations, gelegen binnen de bebouwde kom, en met een omzet groter dan 500 m<sup>3</sup> per jaar. Hiervoor zou een veiligheidsafstand gaan gelden van 30 of 35 meter.
- In 10 gevallen worden kwetsbare of minder-kwetsbare objecten aangetroffen binnen de 10<sup>-5</sup> risicocontour (30 meter, resp. 35 meter). In vier situaties worden zelfs objecten binnen de 20 meter (10<sup>-5</sup> contour voor geringe omzet) gevonden. Situaties waarbij alleen een tot de inrichting behorende bedrijfswoning binnen deze contour voorkomt, zijn niet meegeteld. In een aantal twijfelgevallen over de bestemming van de omgevingsobjecten is, door telefonische informatie bij de betrokken gemeenten, deze specifieke situatie nader geverifieerd. Met de beschikbare informatie kon overigens niet in alle situaties met volledige zekerheid de bestemming worden vastgesteld en is aangenomen dat het om woningen (kwetsbaar object) gaat.

- Het aantal objecten binnen de  $10^{-5}$ -contour varieert van één tot maximaal zeven. Het totale aantal objecten bedraagt 33, in de 10 genoemde situaties, dus gemiddeld 3,3 woning per knelpuntsituatie.

## 5. Extrapolatie naar de situatie in Nederland

Om de conclusies uit de beschreven beperkte steekproef te extrapoleren naar heel Nederland en daaruit een schatting te maken van het aantal te verwachten knelpunten bij introductie van de AMvB zijn met de voorliggende resultaten alleen vrij grove schattingen mogelijk. Onder dit voorbehoud mag van de volgende conclusies worden uitgegaan voor tankstations met een omzet  $> 500 \text{ m}^3/\text{jaar}$ :

- Binnen de populatie van beschikbare informatie (circa 70% van de stations in Nederland, 1500 stuks) worden 80 stations aangetroffen die voldoen aan de criteria “in gebruik sinds vòòr 1985, omzet  $> 500 \text{ m}^3/\text{jaar}$  en in bebouwde kom”. Aannemend dat de populatie representatief is voor de door andere maatschappijen beleverde stations, zouden er in Nederland circa 115 tankstations in eenzelfde situatie bestaan.
- In 10 uit 29 gevallen (35%) wordt voor deze tankstations een knelpunt voorzien. In de meeste situaties geldt dat de afstand tussen vulpunt en kwetsbaar object dan ligt tussen 20 m en 30 m. Van de 115 aanwezige stations die aan de gekozen criteria voldoen zullen er dus circa 40 een knelpunt vormen. Met een gemiddelde woningdichtheid (3,3) rond deze stations, zullen er 130 woningen binnen de  $10^{-5}$ -risicocontour vallen.

## 6. Conclusie en globale schadeschatting

Op basis van de geïnventariseerde gegevens en uitgaande van de veronderstelling dat voor de kleinere tankstations het bestaande beleid ten aanzien van veiligheidsafstanden gehandhaafd kan blijven, wordt verwacht dat er in circa 40 situaties in Nederland van een knelpunt sprake zal zijn. Hierbij zijn circa 130 omgevingsobjecten betrokken; in deze studie is aangenomen dat dit alle woningen zijn.

Primair zal moeten worden nagegaan welke situaties met behulp van beperkte bronmaatregelen zoals een wijziging van de lay-out van het tankstation, het plaatsen van een fakkelpost, etc. voor beperkte kosten op te lossen zouden zijn. Dat is in deze studie niet nagegaan omdat dat buiten de mogelijkheden van de studie viel. De hierna gegeven kostenschattingen gaan uit van de veronderstelling dat deze situaties niet met zulke maatregelen op te lossen zouden zijn zodat men direct op hogere sanerings- c.q. amoveringskosten uitkomt. Anderzijds is in dit onderzoek niet nagegaan welke knelpuntsituaties zich buiten de relevant geachte groep LPG tankstations voor zouden kunnen doen, en zijn daarvoor dus geen kosten geschat. De gegeven schatting geeft dus een grootte-orde van mogelijke kosten om knelpunten op te lossen, maar zal door eerst een gedetailleerd onderzoek kunnen worden gepreciseerd.

Met een eventuele sanering van deze knelpunten zijn op grond van deze studie gemoeid: óf 40 tankstations óf circa 130 woningen. Om de met eventuele sanering samenhangende kosten te kunnen schatten, moet onderscheid gemaakt worden in:

- Sanering door amovering van de 130 woonbestemmingen. Bij een gemiddelde uitkoopsum van f 368.000,- resulteert dan een schadebedrag van circa 48 miljoen gulden. (N.B.: Volgens de NvM bedroeg de gemiddelde prijs van een koopwoning in de eerste helft van 1999: f 329.000,-. De prijsontwikkeling over de afgelopen 4 jaren laat een stijging zien van de woningprijs van 47%, ofwel gemiddeld 12% per jaar. Deze prijsstijging is aangenomen voor vaststelling van de huidige waarde; bron: Elseviers Almanak 2000).
- Sanering door amovering van het tankstation. Hierbij zal de winstmarge op LPG en een redelijke compensatietermijn (vijf tot acht jaar) bepalend zijn voor de schade. Wordt bijvoorbeeld uitgegaan van een marge van f 0,10 per liter (schatting, niet geverifieerd!!), een gemiddelde omzet van 700.000 liter per jaar (het gemiddelde voor de tien knelpuntstations uit onze steekproef) en een compensatietermijn van zeven jaar, dan resulteert voor 40 tankstations een schade van bijna 20 miljoen gulden. In het kader van de sanering LPG-tankstations in de 80-er jaren is voor Ministerie VROM een model ontwikkeld waarin met meerdere parameters voor verliescompensatie rekening wordt gehouden, inclusief bijvoorbeeld het omzetverlies van andere artikelen in de kiosk van het tankstation. Binnen de (on-)nauwkeurigheid van de in dit onderzoek gegeven schattingen zijn deze bijdragen mogelijk marginaal. Overleg met de LPG-branche en mogelijk updaten van het eerder gebruikte model met actuele invoerparameters is zeker aan te bevelen om de schadeschatting nauwkeuriger te maken.

Benadrukt wordt dat de genoemde schade-bedragen slechts als voorbeeld dienen en niet mogen worden geciteerd als door TNO aanbevolen of geverifieerde gegevens.

### **Statistische gegevens over tankstations**

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de informatie die van de twee LPG-maatschappijen is ontvangen met betrekking tot ligging en omzet van de door hen beleverde tankstations. Zij verzorgen ongeveer 70% van de stations. De onderstaande cijfers zijn een extrapolatie naar de situatie voor heel Nederland (totaal circa 2200 tankstations), onder de aanname dat de twee (ieder) representatief zijn voor de gehele branche.

De onderliggende data worden in het eindrapport over het gehele onderzoek “QRA Generiek LPG-tankstations” nader toegelicht.

<b>Omzet categorie</b>	<b>Snelweg</b>	<b>Bebouwde kom</b>	<b>Buiten bebouwd</b>	<b>Autoweg</b>	<b>Rand bebouwd</b>	<b>Geen opgave</b>	<b>Totaal</b>	<b>Aandeel [%]</b>
0 - 100	--	64	22	4	26	10	126	5,7
100 - 200	--	134	29	19	61	22	265	12,0
200 - 500	35	399	137	121	255	32	979	44,4
500 - 1000	61	175	80	64	191	4	575	26,0
1000 - 2000	118	16	4	29	29	--	196	8,9
> 2000	57	--		4	4	--	65	2,9
	271	788	272	241	566	68	2206*)	

<sup>\*)</sup> Het aantal van 2206 is een resultaat van de somming van extrapolatie van gegevens van één maatschappij, en heeft dus geen absolute waarde voor het aantal LPG-tankstations in Nederland.



**Bijlage 4    Notities RIVM aan CPR-RE naar aanleiding van  
bevindingen rond modellering in onderzoek  
Risico-analyse Generiek LPG-tankstations**

Onderwerp	Faalfrequenties
Vraag	Een opslagtank van een LPG tankstation is ondergronds. Is een reductie in de faalfrequentie toegestaan?
Antwoord	<p>Het Paarse boek stelt enerzijds:</p> <p><i>A lower failure frequency can be used if a tank or vessel has special provisions additional to the standard provisions, e.g. according to the design code, which have an indisputable failure-reducing effect. However, the frequency at which the complete inventory is released (i.e. the sum of the frequencies of the LOCs, G.1 and G.2) should never be less than <math>1 \times 10^{-7}</math> per year.</i></p> <p>en anderzijds:</p> <p><i>Vessels and tanks can be (partly) in-ground, or situated inside or outside a building. The LOCs and their frequencies are not dependent on the situation. The modelling of a release inside a building is described in Chapter 4.</i></p> <p>Een opslagvat van een LPG tankstation is gelegen onder een dikke laag grond en een betonnen plaat. Een dergelijke voorziening wordt beschouwd als een additionele voorziening. Omdat een BLEVE van de LPG tank door verhitting t.g.v. een vuur onder de tank of een vuurstraal uitgesloten kan worden geacht, wordt het scenario van BLEVE + vuurbal uitgesloten.</p> <p>De frequentie van het BLEVE + vuurbal scenario is gelijk aan <math>f_{\text{instantaan}} \times P_{\text{direct}} \times P_{\text{fireball}}</math>. <math>f_{\text{instantaan}}</math> is de frequentie van instantaan falen en is gelijk aan <math>0,5 \times</math> de totale frequentie (instantaan en 10 minuten) van het catastrofaal falen van een stationair drukvat. <math>P_{\text{direct}}</math> is de kans van directe ontsteking gegeven een instantane vrijzetting en is afhankelijk van stof en hoeveelheid. <math>P_{\text{fireball}}</math> is de kans op een vuurbal gegeven directe ontsteking en is gelijk aan <math>0,7</math> voor stationaire opslagtanks. Voor een opslagtank LPG van <math>9200</math> kg is <math>P_{\text{direct}} = 0,5</math>, zodat het uitsluiten van het BLEVE scenario een reductie in de faalfrequentie van het catastrofaal falen geeft van <math>0,5 \times 0,5 \times 0,7 = 0.175</math>.</p>

Onderwerp	Modellering brandbare stof
Vraag	<p>Het Parse Boek stelt:  <i>Where no BLEVE and fire ball occur following an instantaneous release with direct ignition, a vapour cloud expanded to atmospheric pressure and a liquid pool are formed. The direct ignition of the vapour cloud is modelled as a flash fire and explosion.</i></p> <p>Hoe moet dit gemodelleerd worden ?</p>
Antwoord	<p>Voor het instantaan falen van een drukvat met onder druk vloeibaar gemaakt gas zijn twee processen denkbaar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– De tank wordt verhit door bijvoorbeeld aanstraling of een chemische run-away reactie. De tank faalt bij een hogere druk en temperatuur dan de opslag-druk en –temperatuur, en de directe ontsteking leidt tot een BLEVE en vuurbal.</li> <li>– De tank faalt door externe impact of constructiefouten bij de opslag-druk en –temperatuur. In dit geval ontstaat een brandbare wolk en eventueel een vloeistofplas.</li> </ul> <p>Het Parse Boek schrijft voor dat wanneer geen BLEVE en vuurbal optreedt, de brandbare wolk expandeert tot atmosferische druk, en de directe ontsteking gemodelleerd moet worden als een diffusiebrand (kans 0,6) en explosie (kans 0,4). Vooropgesteld moet worden dat in dit geval het onderscheid tussen directe en vertraagde ontsteking vervaagd, en dat met directe ontsteking bedoeld wordt: in zeer korte tijd na het falen. Hierbij zou bijvoorbeeld gedacht kunnen worden aan externe impact ten gevolge van een motorvoertuig, gevolg door ontsteking aan een heet oppervlak van hetzelfde motorvoertuig.</p> <p>Bij het modelleren van de diffusiebrand van de brandbare wolk spelen de volgende overwegingen een rol:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– De ontsteking kan niet helemaal direct zijn, omdat dan een BLEVE en vuurbal resulteert</li> <li>– Enige lucht moet ingemengd worden om een diffusiebrand te doen ontstaan</li> <li>– Inmenging tot stoichiometrisch is voor zeer snelle ontsteking niet waarschijnlijk</li> <li>– De expansie van de wolk is naar boven gericht. Dit is gebaseerd op (i) videomateriaal, (ii) lucht moet van opzij worden ingemengd en (iii) de relatief lagere vlamsnelheid in de flash fire.</li> </ul> <p>Op basis van deze overwegingen wordt voorgesteld de diffusiebrand (kans 0,6) op de volgende wijze te modelleren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– De initiële wolk expandeert tot UFL met lucht</li> <li>– Na ontsteking is de expansie van de wolk opwaarts</li> <li>– Het schadegebied is daarom gelijk aan de UFL footprint</li> </ul> <p>De explosie (kans 0,4) wordt gemodelleerd met de hele massa binnen de LFL (in dit geval gelijk aan de UFL).</p> <p>De directe ontsteking van een wolk met een concentratie op UFL zal leiden tot lagere overdrukken dan de ontsteking van een stoichiometrisch mengsel. Modellering als een diffusiebrand met kans één is daarom te overwegen. Derhalve wordt voorgesteld bij een herziening van het Parse Boek hieraan aandacht te besteden.</p>

---

Onderwerp	Ontstekingskansen
Vraag	Wat is de kans op directe ontsteking voor het scenario 'breuk loslang' bij een 'tankauto'. In het Parse Boek is niet geheel duidelijk of voor dit scenario de ontstekingskansen voor de tankauto moeten worden genomen (0,1) of de data voor de installaties (afhankelijk van stof en debiet).
Antwoord	Voor het scenario 'breuk loslang' moeten de ontstekingskansen voor installaties worden genomen, dat wil zeggen afhankelijk van stof en debiet.