

QRA berekening LPG-tankstations

Opdrachtgever: Diverse gemeenten en provincies
 Datum: 29 mei 2008, versie 1.1[#]
 Uitvoerder: Centrum Externe Veiligheid (cev@rivm.nl)

[#]Deze versie is tekstueel verduidelijkt maar is inhoudelijk ongewijzigd ten opzichte van de voorgaande versie van 20 december 2007.

1. LPG-tankstations als bedoeld in artikel 2.1 onder e van het Bevi

1.1 Inleiding

In deze notitie is de rekenmethode voor LPG-tankstations beschreven. Voor LPG-tankstations moeten scenario's worden meegenomen voor het opslagvat inclusief leidingwerk en de verlading inclusief de tankauto. Voor de verlading zijn de volgende scenario's van belang:

- intrinsiek falen van de tankauto
- BLEVE tankauto ten gevolge van brand (warme BLEVE)
- BLEVE tankauto ten gevolge van externe beschadiging (koude BLEVE)
- falen pomp
- falen losslang

De berekening moet worden uitgevoerd met propaan als karakteristieke stof. De rekenmethode is beschreven aan de hand van een referentie LPG-tankstation met een LPG-doorzet van 1.000 m³ per jaar.

1.2 Scenario's opslagvat

De scenario's voor het opslagvat zijn samengevat in *Tabel 1*.

Tabel 1 Scenario's voor opslagvat onder druk

Scenario	Basisfrequentie (jaar ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
O.1 opslagvat - Instantaan falen	5×10^{-7}		5×10^{-7}
O.2 opslagvat – 10 minuten	5×10^{-7}		5×10^{-7}
O.3 opslagvat – 10 mm gat	1×10^{-5}		1×10^{-5}
O.4 vloeistofleiding – Breuk leiding 1,25"	$5 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$	10 m	5×10^{-6}
O.5 vloeistofleiding – lek 0,125"	$1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$	10 m	$1,5 \times 10^{-5}$
O.6 afleverleiding –breuk 1,25"	$5 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$	75 m	$3,75 \times 10^{-5}$
O.7 afleverleiding – lek 0,125"	$1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$	75 m	$1,125 \times 10^{-4}$

Opmerkingen:

- De ondergrondse opslagtank bevat 9.200 kg LPG.
- Voor een ondergrondse opslag wordt in SAFETI-NL de optie "Ignore Fireball risks (Eg. if a Mounded Tank)" aangevinkt, waardoor het BLEVE-scenario niet wordt meegenomen. Bij een ondergrondse opslagtank moet de uitstroming bij de scenario's O.2 en O.3 verticaal worden gemodelleerd, bij een ingeterpte tank horizontaal.

- De vloeistofleiding van het vulpunt naar het opslagvat heeft standaard een lengte van 10 m en een diameter van 1,25". De afleverleiding van het opslagvat naar de afleverzuilen heeft een lengte van 75 m en een diameter van 1,25". De uitstroming wordt voor de ondergrondse leidingen verticaal gemodelleerd.

1.3 Scenario's intrinsiek falen tankauto

De scenario's voor intrinsiek falen zijn gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Scenario's voor de LPG-tankauto

Scenario	Basisfrequentie (jaar ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
T.1 tankauto - Instantaan falen (vulgraad 100%)	5×10^{-7}	$70 \times 0,5/8766$	$2,00 \times 10^{-9}$
T.2 tankauto – grootste aansluiting (vulgraad 100%)	5×10^{-7}	$70 \times 0,5/8766$	$2,00 \times 10^{-9}$

Opmerkingen:

- Bij een LPG-omzet van 1.000 m³ per jaar is het aantal verladingen gelijk aan 70 per jaar voor het referentie LPG-tankstation. De aanwezigheid is 0,5 uur per bezoek.
- De BLEVE wordt gemodelleerd als een warme BLEVE. De insteldruk van het veiligheidsventiel van de tankauto is 19,25 barg [i], zodat de faaldruk gelijk is aan $1,21 \times 20,25 \text{ bara} = 24,5 \text{ bara}$ (23,5 barg).

1.4 Scenario's tankauto ten gevolge van brand

Een BLEVE van een aanwezige tankauto kan ontstaan ten gevolge van brand tijdens de verlading en brand in de omgeving.

Tijdens verlading kan een langdurige lekkage van LPG ontstaan, wat na ontsteking uiteindelijk tot een BLEVE van de tankauto kan leiden (zie hiervoor ook de Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 3.0, paragraaf 3.15). Het scenario en de frequentie is gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Scenario's BLEVE van de LPG-tankauto (voorzien van een hittewerende coating) ten gevolge van brand tijdens de verlading

Scenario	BLEVE frequentie (uur ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
B.1 BLEVE tankauto (vulgraad 100%)	$5,8 \times 10^{-10}$	$70 \times 0,5 \times 0,05$	$1,02 \times 10^{-9}$

Opmerking:

- Bij een LPG-tankauto voorzien van een hittewerende coating is de faalfrequentie voor een warme BLEVE van een tankauto gereduceerd met een factor 20 ten opzichte van de standaard faalfrequentie in de Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 3.0, paragraaf 3.15.

De frequentie van een brand in de nabijheid van een tankauto is afhankelijk van een aantal toetsafstanden (zie Tabel 4) en wordt afgeleid uit Tabel 5.

Tabel 4 Toetsingsafstand voor het vulpunt ten opzichte van een aantal objecten

Nr	Object	Toetsingsafstand
1	LPG-afleverzuil	17,5 m
2	Benzine afleverzuil	5 m
3	Opstelplaats benzine tankauto	25 m
4	<u>Gebouw zonder brandbescherming</u>	
	- hoogte < 5 m	10 m
	- 5 m < hoogte < 10 m	15 m
	- hoogte > 10 m	20 m
	<u>Gebouw met brandwerende voorzieningen¹</u> (en maximaal 50% gevelopeningen)	
	- hoogte < 5 m	5 m
	- 5 m < hoogte < 10 m	10 m
	- hoogte > 10 m	15 m

Tabel 5 Frequentie van een brand nabij een LPG-tankauto (voor 100 verladingsen per jaar)

Ligt het vulpunt binnen de toetsingsafstand uit tabel 4?				Brand frequentie (per jaar)
LPG-afleverzuil	Benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	Gebouw	
Ja	Ja	Ja	Ja	2×10^{-6}
Nee	Ja	Ja	Ja	
Ja	Nee	Ja	Ja	
Ja	Ja	Nee	Ja	
Ja	Nee	Nee	Ja	
Nee	Ja	Nee	Ja	
Nee	Nee	Ja	Ja	
Nee	Nee	Nee	Ja	
Ja	Ja	Ja	Nee	1×10^{-6}
Ja	Nee	Ja	Nee	
Nee	Nee	Nee	Ja	
Ja	Ja	Nee	Nee	8×10^{-7}
Nee	Ja	Ja	Nee	
Ja	Nee	Nee	Nee	6×10^{-7}
Nee	Nee	Ja	Nee	
Nee	Ja	Nee	Nee	4×10^{-7}
Nee	Nee	Nee	Nee	2×10^{-7}

De BLEVE frequentie van de tankauto die wordt aangestraald door een brand in de omgeving van de tankauto voor een brand in de omgeving is afhankelijk van:

1. de kans op een brand in de omgeving van de tankauto, bepaald aan de hand van de verschillende toetsingsafstanden (tabel 5);
2. het aantal verladingsen;
3. de vulgraad van de tankauto en
4. de aanwezigheid van een hittewerende coating.

In tabel 6 zijn de frequenties gegeven voor de situatie dat het LPG-tankstation aan geen enkele (interne) toetsingsafstand voldoet en de tankauto is voorzien van een hittewerende coating.

¹ In het besluit LPG-tankstations wordt 30 minuten brandwerendheid aangehouden

Tabel 6 BLEVE scenario's van de LPG-tankauto voorzien van een hittewerende coating ten gevolge van brand voor de situatie dat het vulpunt binnen alle toetsingsafstanden ligt

Scenario	Brandfrequentie (per 100 verladingsen)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
B.2 BLEVE tankauto - vulgraad 100%	2×10^{-6}	$70/100 \times 0,33 \times 0,19 \times 0,05$	$4,39 \times 10^{-9}$
B.3 BLEVE tankauto - vulgraad 67%	2×10^{-6}	$70/100 \times 0,33 \times 0,46 \times 0,05$	$1,06 \times 10^{-8}$
B.4 BLEVE tankauto - vulgraad 33%	2×10^{-6}	$70/100 \times 0,33 \times 0,73 \times 0,05$	$1,69 \times 10^{-8}$

Opmerkingen:

- De tankauto bezoekt 70 keer per jaar het referentie LPG-tankstation, waar de brandfrequentie gegeven is voor 100 verladingsen per jaar.
- Bij een bezoek is de vulgraad van de tankauto gelijk aan 100%, 67% of 33% van de maximale belading.
- De BLEVE wordt gemodelleerd als een warme BLEVE met de faaldruk gelijk aan 24,5 bara (23,5 barg).
- Bij een LPG-tankauto voorzien van een hittewerende coating mag de faalfrequentie voor een warme BLEVE van een tankauto worden gereduceerd met een factor 20 (0,05).

1.5 Scenario's tankauto ten gevolge van externe beschadiging

Een BLEVE van een tankauto kan ook plaatsvinden ten gevolge van externe impact. De BLEVE kans is afhankelijk van de opstelplaats en is gegeven in Tabel 7. De berekening voor de Revi afstandentabel is uitgevoerd met de hoogste frequentie; de scenario's zijn gegeven in Tabel 8.

Tabel 7 Frequentie van een BLEVE van een LPG-tankauto ten gevolge van externe beschadiging (100 verladingsen per jaar)

Opstelplaats tankauto	BLEVE Frequentie (per jaar)
Geïsoleerde opstelplaats waarbij een aanrijding van opzij tegen de leidingkast niet aannemelijk wordt geacht (ook niet met lage snelheid)	$2,5 \times 10^{-9}$
Opstelplaats op een (wegrij)strook, toegestane snelheid 70 km/uur of minder	$4,8 \times 10^{-8}$
Overige situaties	$2,3 \times 10^{-7}$

QRA berekening LPG-tankstations

Tabel 8 Scenario's BLEVE van de LPG-tankauto ten gevolge van externe beschadiging

Scenario	faalfrequentie (per 100 verladings)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
B.5 BLEVE tankauto - vulgraad 100%	$2,3 \times 10^{-7}$	$70/100 \times 0,33$	$5,31 \times 10^{-8}$
B.6 BLEVE tankauto - vulgraad 67%	$2,3 \times 10^{-7}$	$70/100 \times 0,33$	$5,31 \times 10^{-8}$
B.7 BLEVE tankauto - vulgraad 33%	$2,3 \times 10^{-7}$	$70/100 \times 0,33$	$5,31 \times 10^{-8}$

Opmerkingen:

- De BLEVE wordt gemodelleerd als een koude BLEVE (barstdruk bij omgevingstemperatuur).

1.6 Scenario's falen pomp

De scenario's voor het falen van de pomp zijn gegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Scenario's voor het falen van de pomp

Scenario	Basisfaalfrequentie (jaar ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
P.1 Breuk pomp, doorstroombegrenzer sluit	1×10^{-4}	$0,94 \times 70 \times 0,5/8766$	$3,75 \times 10^{-7}$
P.2 Breuk pomp, doorstroombegrenzer sluit niet	1×10^{-4}	$0,06 \times 70 \times 0,5/8766$	$2,40 \times 10^{-8}$
P.3 lek pomp	$4,4 \times 10^{-3}$	$70 \times 0,5/8766$	$1,76 \times 10^{-5}$

Opmerkingen:

- Er zijn 70 verladings per jaar met een verladingduur van 0,5 uur.
- De effecten van de doorstroombegrenzer worden meegenomen. Aangenomen is dat deze bij het breukscenario een faalkans heeft van 0,06 en niet in werking treedt bij het lekscenario.

1.7 Scenario's falen losslang

De scenario's voor het falen van de losslang zijn gegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Scenario's voor het falen van de losslang

Scenario	basisfaalfrequentie (uur ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
L.1 Breuk losslang 2", doorstroombegrenzer sluit	4×10^{-6}	$0,88 \times 0,1 \times 70 \times 0,5$	$1,23 \times 10^{-5}$
L.2 Breuk losslang 2", doorstroombegrenzer sluit niet	4×10^{-6}	$0,12 \times 0,1 \times 70 \times 0,5$	$1,68 \times 10^{-6}$
L.3 lek losslang 0,2"	4×10^{-5}	$70 \times 0,5$	$1,40 \times 10^{-3}$

Opmerkingen:

- Er zijn 70 verladings per jaar met een verladingsduur van 0,5 uur.
- De breukfrequentie voor losslangen bij LPG-tankstations is een factor 10 lager dan de standaard faalfrequentie voor Brzo-inrichtingen.
- De effecten van de doorstroombegrenzer zijn meegenomen. Aangenomen is dat deze een faalkans heeft van 0,12 bij het breukscenario² en niet in werking treedt bij het lekscenario.
- De scenario's L.1 en L.2, breuk losslang, zijn gemodelleerd als line rupture (op 5 meter afstand van de tankauto).

1.8 Invoerparameters in SAFETI-NL

De scenario's moeten worden ingevoerd in SAFETI-NL. In aanvulling op Module B van de *Handleiding risicoberekeningen BEVI* gelden de volgende kanttekeningen:

- De hoogte van de vloeistofkolom ('tank head') is ingeschat op één meter voor de leidingen en de tankauto. Voor de ondergrondse tank is gerekend met verticale uitstroming; om deze reden is de 'tank head' hier gelijkgesteld aan 0 m.
- Het scenario pompbreuk is gemodelleerd als uitstroming uit een 3" leiding zonder 'pump head'; aangenomen is dat bij breuk de pomp geen pompdruk levert.
- Het scenario breuk losslang is gemodelleerd als uitstroming uit een 2" leiding zonder 'pump head'.

² De EFV (excessive flow valve) tussen de pomp en het vulpunt heeft een instelwaarde van 7,4 kg/s. Het uitstroomdebiet bij breuk (8,3 kg/s) < 1,2 keer de instelwaarde.

Bijlage Verantwoording

De scenario's zijn beschreven voor het referentie LPG-tankstation met een LPG-omzet van 1.000 m³ per jaar [i,ii,iii].

1.2 Scenario's opslagvat

Voor het bijbehorende leidingwerk zijn er twee scenario's meegenomen, namelijk breuk en lekkage. De frequentie van de scenario's zijn gelijk aan de frequenties voor ondergrondse transportleidingen; aangenomen wordt dat de ondergrondse leidingen van een LPG-tankstation beter overeenkomen met ondergrondse transportleidingen dan met procesleidingen. Voor het scenario 'lekkage' is wel aangesloten bij procesleidingen en is een gatgrootte aangehouden van 10% van de diameter. De reden is dat de standaard gatgrootte voor ondergrondse transportleidingen (20 mm) meer overeenkomt met een breuk dan met een lek.

1.4 Scenario's tankauto ten gevolge van brand

De toetsingsafstanden in Tabel 4 zijn aangepast ten opzichte van de afstanden genoemd in het TNO rapport "Reductie BLEVE frequentie van een LPG-tankauto op een autotankstation" [iii]. Uit analyse blijkt dat de aanbevolen toetsingsafstanden voor gebouwen in dit rapport een niet correct beeld geven van de te verwachten warmtestraling ter plaatse van het vulpunt van een LPG-tankauto. Deze ommissie is ingegeven door een fout in de berekening waardoor er ten onrechte wordt vastgesteld dat de warmtestraling aan de vloeistofzijde van de tank lager is dan die aan de dampzijde. Vervolgens wordt de warmtestraling aan de dampzijde niet bepaald terwijl juist dat aspect maatgevend is voor de aan te houden afstand tussen een LPG-tankauto (vulpunt) en een brandend gebouw op het terrein van het LPG-tankstation. Naar aanleiding hiervan zijn er berekeningen uitgevoerd om na te gaan welke afstanden er tussen het vulpunt van een LPG-tankauto en een brandend gebouw moeten worden aangehouden om een warme BLEVE te voorkomen. De uitgangspunten voor de berekening en de rekenresultaten zijn als volgt:

- De gevel van het brandende gebouw is een vlakke straler;
- De gevel straalt met een bronsterkte van 45 kW/m² (NEN 6068)
- De warmtestraling bij de tankauto wordt berekend met het vlakke straler-model uit PGS 2;
- Criterium voor het voorkomen van een BLEVE bij de LPG-tankauto is 10 kW/m² (zie PGS 16 t/m 24);
- Breedte van het gebouw: 15 meter
- Hoogte van het gebouw: maximaal 15 meter

Dit resulteert in de afstanden in Tabel 4. Opgemerkt moet worden dat deze afstanden dus meer beschouwd moeten worden als veiligheidsafstanden dan als afstanden waarop werkelijk een BLEVE gaat optreden.

- De BLEVE frequentie bij aanstralen is afhankelijk van de vulgraad [ii]. Aangenomen is dat bij aanstralen van de damruimte de BLEVE kans gelijk is aan één, terwijl bij aanstralen van de vloeistofruimte de BLEVE kans gelijk is aan $0,1^3$ omdat de veiligheidsventielen in 90% van de situaties een BLEVE voorkomen. De kans op het aanstralen van de damruimte/ vloeistofruimte wordt gelijkgesteld aan 0,1/0,9 (100% vulgraad), 0,4/0,6 (67% vulgraad) en 0,7/0,3 (33% vulgraad), zodat de kans op een BLEVE, gegeven een omgevingsbrand bij de tankauto, gelijk is aan $(0,1 + 0,9 \times 0,1)$ voor 100% vulgraad, $(0,4 + 0,6 \times 0,1)$ voor 67% vulgraad en $(0,7 + 0,3 \times 0,1)$ voor 33% vulgraad.

1.6 Scenario's falen pomp

De faalfrequentie van de pomp is gelijk aan die voor centrifugaal pompen met pakking.

1.7 Scenario's falen losslang

De breukfrequentie voor LPG-losslangen bij tankstations is op basis van casuïstiek een factor 2 lager dan de basisfaalfrequentie in de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [i]. Dit is later verhoogd tot een factor 10.

Volgens het Paarse boek zou bij het aanwezig zijn van een pomp in de leiding een breuk standaard gemodelleerd moeten worden als een uitstroom met 1,5 maal het nominale pomp debiet. Omdat voor een LPG-tankauto de uitstroming bij een 'line rupture' aanzienlijk hoger ligt (8,3 kg/s) dan bij 1,5 maal het nominale pompdebiet⁴ (zelfs de ingestelde waarde voor de doorstroombegrenzer ligt hoger: 7,4 kg/s [i]), wordt dit scenario gemodelleerd als een 'line rupture'.

Vragen

Heeft u nog vragen of opmerkingen over dit document dan kunt u die richten aan cev@rivm.nl.

Referenties

- [i] J.M. Ham, A.W.T. van Blanken. Invloed systeemreacties LPG-tankinstallatie op risico LPG-tankstation (ligging PR-contour). TNO rapport R 2004/107, 2004
- [ii] TNO. Kwantitatieve Risico-analyse generiek voor LPG-tankstations (Hoofdrapport). R2001/435a, 2001
- [iii] TNO, "Reductie BLEVE-frequentie van een LPG-tankauto op een autotankstation", report no. 85-01237, February 28th 1985 (Dutch report).

³ Wanneer veiligheidsventielen ontbreken is de kans op een BLEVE gelijk aan één bij aanstralen van de vloeistofruimte.

⁴ De lospomp heeft een nominaal debiet van circa 500 liter per minuut. 1,5 maal het pompdebiet komt neer op een uitstroming van $1,5 \times (500/60) \times 0,518 = 6,5$ kg/s.