

Stappenplan groepsrisicoberekening LPG-tankstations (LPG-tankauto *niet* voorzien van hittewerende coating)

Opdrachtgever:	Diverse gemeenten
Datum:	12 augustus 2008
Uitvoerder:	Centrum Externe Veiligheid (cev@rivm.nl)

Gewijzigde status van het Stappenplan

Sinds de *Wijziging Regeling externe veiligheid inrichtingen* (vanaf nu *Wijziging Revi*), Staatscourant, 3 april 2007, nr. 66/ pag. 13, kunnen voor LPG-tankstations op twee manieren groepsrisicoberekeningen worden uitgevoerd:

1. Eén waarbij een LPG-tankstation wordt bevoorraad door een tankauto die *wel* is voorzien van een hittewerende coating;
2. Idem, maar waarbij de LPG-tankauto *niet* is voorzien van een hittewerende coating.

Voor situatie 1 gebruikt u het document *Groepsrisico bij LPG-tankstations & Wijziging Revi*. Voor situatie 2 gebruikt u het document *Stappenplan groepsrisicoberekening LPG-tankstation*. Beide documenten zijn te verkrijgen via www.rivm.nl/milieuportaal.

Voor vragen over welk van de twee situaties van toepassing is op een specifieke situatie, verwijzen wij u naar *Wijziging Revi* of InfoMil.

Errata voorgaande versies Stappenplan

-Versie 22 mei 2007

Latere versies van het Stappenplan zijn inhoudelijk op een aantal punten gewijzigd ten opzichte van de versie van 22 mei 2007. De maximaal toelaatbare personendichtheden zijn aangepast aan de nieuwe REVI afstanden die sinds 1 juli 2007 gelden. Bij het scenario BLEVE t.g.v. brand na langdurige lekkage tijdens de verlading wordt – conform de *Handleiding risicoberekeningen BEVI* - geen onderverdeling meer gehanteerd naar drie verschillende vullingsgraden.

-Versie 20 december 2007

In de versie van 20 december 2007 is een fout geconstateerd. Hierin zijn in tabel 1 abusievelijk de afstanden tot de 10^{-6} risico contouren uit het Revi 2007 opgenomen. Dit zouden de afstanden uit het Revi 2004 moeten zijn. Als gevolg hiervan zijn de maximaal toelaatbare personendichtheden te conservatief weergegeven. In de versie van 6 juni 2008 is deze fout gecorrigeerd. Belangrijkste consequentie is dat bij een LPG doorzet $> 1000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ de maximale *personendichtheid* is toegenomen maar het maximale *aantal* personen nauwelijks is gewijzigd. Dit is ten gevolge van het kleiner worden van het oppervlak van het invloedsgebied.

-Versie 6 juni 2008

Stap 3: Toepassen verblijftijdcorrectie, is komen te vervallen.

Hierna volgt *Stappenplan groepsrisicoberekening LPG-tankstations, 12 augustus 2008*

Stappenplan groepsrisicoberekeningen LPG-tankstations

Inleiding

Met dit stappenplan kan voor een LPG-tankstation het groepsrisico (GR) worden bepaald. Vaak is men bij een eerste observatie van een situatie er in geïnteresseerd hoe het groepsrisico zich verhoudt tot de oriëntatiewaarde. Met dit stappenplan kan met een enigszins conservatieve benadering, relatief eenvoudig bepaald worden of het groepsrisico de oriëntatiewaarde overschrijdt. De achtergronden van de voor dit stappenplan gebruikte scenario's en frequenties staan beschreven in het document *QRA berekening LPG tankstations* van 20 december 2007¹. Voor de volledigheid willen wij nog melden dat de oriëntatiewaarde geen grenswaarde, maar een richtwaarde is. Het bevoegd gezag dient zelf aan te geven welk groepsrisico zij aanvaardbaar acht (verantwoordingsplicht).

Grofweg zien de stappen er als volgt uit:

Met behulp van stap 1, 2 en 3 kan worden bepaald hoe het groepsrisico zich verhoudt tot de oriëntatiewaarde. Hierbij wordt gebruik gemaakt van tabellen voor maximaal toelaatbare personendichtheden. Het stappenplan begint met het maken van een eenvoudige berekening met conservatieve aannames. Als het groepsrisico de oriëntatiewaarde overschrijdt, is het mogelijk om in de daaropvolgende stap rekening te houden met locatiespecifieke omstandigheden (ook wanneer er geen sprake is van een overschrijding, kan het zinvol zijn het groepsrisico nader te beschouwen). Voor deze volgende stap is dan ook meer informatie nodig over de inrichting van het tankstation en wordt de berekening iets complexer. Stap 4 t/m 6 van de bijlage laat zien hoe het groepsrisico berekend kan worden zonder het QRA rekenpakket SAFETI-NL met als resultaat een FN-curve. Voor deze berekening is wel aan te raden een (eenvoudig) spreadsheet programma te gebruiken.

Opmerkingen vooraf

- Het groepsrisico wordt voor de meeste LPG-tankstations die worden bevoorraadt door een tankauto die niet is voorzien van een hittewerende coating, bepaald door de tankauto BLEVE. In sommige situaties geldt deze aanname niet. In situaties waarbij het vulpunt ver verwijderd ligt van het (ondergrondse) LPG reservoir en de bevolkingsdichtheid nabij het reservoir groter is dan die nabij het vulpunt kan het zijn dat het GR *niet* alleen wordt bepaald door de tankauto BLEVE. Er is echter geen vuistregel beschikbaar bij welke onderlinge afstand dit het geval is. Wanneer het stappenplan niet mag worden toegepast, moet een gedetailleerdere analyse door middel van een QRA worden uitgevoerd. Voor het uitvoeren van deze berekening met SAFETI-NL is via www.rivm.nl/milieuportaal een voorbeeld PSU-file te verkrijgen.
- In de bijlage (stap 4 t/m 6) wordt met conservatieve aannames het GR berekend. Als het wenselijk is om meer rekening te houden met locatiespecifieke omstandigheden zoals venstertijden voor het lossen van LPG, wordt eveneens aangeraden een gedetailleerdere analyse door middel van een QRA uit te voeren.

Vragen

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

¹ Dit document is te verkrijgen via www.rivm.nl/milieuportaal.

Het stappenplan

Stap 1. Bepaal a.d.h.v. de onderstaande tabellen of de maximaal toelaatbare personendichtheid wordt overschreden.

Tabel 1: Maximaal toelaatbare personendichtheden (zonder hittewerende coating)

LPG-doorzet [m ³ /jaar]	Afstand [m]		Oppervlak invloedsgebied [ha]	Maximaal toelaatbare personendichtheid [ha ⁻¹]
	Tot 10 ⁻⁶ vulpunt	Tot grens invloedsgebied		
< 500	45	150	6,4	14 (89)
500-1.000	45	150	6,4	9 (60)
1.000-1.500	110	150	3,3	17 (54)

De personendichtheden zijn weergegeven als maximaal aantal personen per hectare bij een continue aanwezigheid binnen het invloedsgebied (en buiten de 10⁻⁶ contour). De getallen tussen haakjes zijn de maximale toelaatbare aantal (continu) aanwezige personen in het totale invloedsgebied.

Het groepsrisico bij LPG-tankstations die worden bevoorrad door tankauto's die niet voorzien zijn van een hittewerende coating, wordt volledig bepaald door een BLEVE (vuurbal) van een tankauto met LPG. In het algemeen geldt dat bij een hoge doorzet meer verladingen nodig zijn en de kans op een tankauto BLEVE daarom groter is (dan bij een lagere doorzet). Bij de totstandkoming van tabel 1 is uitgegaan van een conservatieve inschatting met betrekking tot de kans op een tankauto BLEVE (zie opmerking onder tabel 4).

Bepaal met behulp van de plattegrond van het gebied en de bijbehorende bevolkingsgegevens de personendichtheid (hoeveel mensen er aanwezig zijn per hectare).

Wordt de maximaal toelaatbare personendichtheid in tabel 1 overschreden?

1. JA → er is mogelijk sprake van overschrijding van de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico. Door middel van een nadere analyse kan worden nagegaan of dit ook daadwerkelijk het geval is. Ga door met stap 2.
2. NEE → de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt niet overschreden. (Eventueel kan alsnog een risicoberekening worden uitgevoerd).

Stap 2a. Leid de “situatie” af op basis van de locatie specifieke omstandigheden bij het betreffende LPG-tankstation.

In deze stap moet worden bepaald welk van de 18 standaard “situaties” van toepassing is op de te onderzoeken specifieke situatie. Als de situatie is bepaald, moet worden verder gegaan met stap 2b.

Op basis van de locatie specifieke omstandigheden mag voor het groepsrisico een lagere BLEVE kans worden gehanteerd dan de waarde die is gehanteerd voor de berekening van afstandentabel in de *Wijziging Revi*. Hierdoor zijn er meer mensen binnen het invloedsgebied toegestaan (en neemt de maximaal toelaatbare personendichtheid toe) voordat de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt overschreden.

Werkwijze m.b.t. vaststelling van de “situatie”:

Om na te gaan of bij een bepaald LPG-tankstation met een hogere maximaal toelaatbare personendichtheid mag worden gerekend, moeten de volgende gegevens bekend zijn:

1. De afstand vanaf de LPG tankauto (lees: vulpunt) tot:
 - de LPG afleverzuil(en)
 - de benzine afleverzuil(en),
 - de opstelplaats van de benzine tankauto en
 - een tot de inrichting behorend gebouw (zie tabel 2a).
2. Vergelijk deze afstanden met de toetsafstanden in tabel 2a en bepaal met behulp van tabel 2b de bijbehorende “situatie” (situatie 1, 2, 3, 4, 5 of 6).
3. Bepaal de verkeerssituatie nabij de opstelplaats van de LPG tankauto. In tabel 3 staan de mogelijke opstelplaatsen van de tankauto. Lees in de laatste kolom de bijbehorende “situatie” af (A, B of C). Ga nu verder met stap 2b.

Tabel 2a: Afleiding BLEVE kans t.g.v. omgevingsbrand (1)

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 voorzieningen*</u> (en maximaal 50% gevelopeningen)	
	- hoogte < 5 m	5 m
	- 5 m < hoogte < 10 m	10 m
	- hoogte > 10 m	15 m

* In het besluit LPG-tankstations wordt 30 minuten brandwerendheid aangehouden.

Tabel 2b: Afleiding BLEVE kans t.g.v. omgevingsbrand (2)

Ligt het vulpunt binnen de toetsingsafstand ten opzichte van één of meer van onderstaande objecten zoals gegeven in tabel 2a?				situatie (BLEVE kans per 100 verladingen per jaar)
LPG afleverzuil	benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	gebouw	
ja	ja	ja	ja	1 (2E-6/jaar)
nee	ja	ja	ja	
ja	nee	ja	ja	
ja	ja	nee	ja	
ja	nee	nee	ja	
nee	ja	nee	ja	
nee	nee	ja	ja	
ja	ja	ja	nee	2 (1E-6/jaar)
ja	nee	ja	nee	
nee	nee	nee	ja	
ja	ja	nee	nee	3 (8E-7/jaar)
nee	ja	ja	nee	
ja	nee	nee	nee	4 (6E-7/jaar)
nee	nee	ja	nee	
nee	ja	nee	nee	5 (4E-7/jaar)
nee	nee	nee	nee	6 (2E-7/jaar)

Tabel 3: Afleiding BLEVE kans t.g.v. mechanische inslag

Opstelplaats tankauto	situatie (BLEVE kans per 100 verladingen per jaar)
Geïsoleerde opstelplaats waarbij een aanrijding van opzij tegen de leidingkast niet aannemelijk wordt geacht (ook niet met lage snelheid)	C (2,5E-9/jaar)
Opstelplaats op een (wegrij-)strook naast een weg waarbij de toegestane snelheid maximaal 70 km/uur bedraagt	B (4,8E-8/jaar)
Overige situaties	A (2,3E-7/jaar)

Stap 2b. Bepaal a.d.h.v. tabel 4 of de maximaal toelaatbare personendichtheid wordt overschreden (rekening houdend met de locatie specifieke omstandigheden bij het LPG-tankstation: één van de 18 situaties).

In de tabel 4 zijn voor alle mogelijke combinaties maximaal toelaatbare personendichtheden weergegeven voor verschillen doorzetten per jaar.

Wordt de maximaal toelaatbare personendichtheid in tabel 4 overschreden?

1. JA → er is mogelijk sprake van overschrijding van de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico. Door middel van een nadere analyse kan worden nagegaan of dit ook daadwerkelijk het geval is. Ga door met stap 4 (stap 3 is komen te vervallen).
2. NEE → de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt niet overschreden. (Eventueel kan alsnog een risicoberekening worden uitgevoerd).

Achtergrond bij de tabellen

Voor het berekenen van het groepsrisico zijn de volgende BLEVE scenario's relevant²:

- a) BLEVE t.g.v. brand na een langdurige lekkage tijdens het verladen.
- b) BLEVE t.g.v. een omgevingsbrand
- c) BLEVE t.g.v. een mechanische inslag (aanrijding)

a) Brand na een langdurige lekkage tijdens het verladen

De kans op brand na een langdurige lekkage hangt af van de aanwezigheid van voorzieningen/ maatregelen zoals:

- wegrijalarmering
- op afstand bedienbare afsluiters op zowel de tankauto als het LPG systeem op het tankstation die automatisch sluiten in geval van brand rond de tankauto en
- de testfrequentie van afsluiters (tenminste 1x per 6 maanden).

Aangezien deze voorzieningen / maatregelen vrij standaard (aanwezig) zijn, wordt in alle gevallen met een vaste waarde gerekend: $2,9E-8$ per 100 verladingen (zie tabel 4).

b) Omgevingsbrand

De kans op een BLEVE ten gevolge van een omgevingsbrand hangt af van de afstand van de opstelplaats van de tankauto (lees: vulpunt) tot de LPG afleverzuil, de benzine afleverzuil, opstelplaats van de benzine tankauto en een tot de inrichting behorend gebouw. Met behulp van tabel 2a en 2b kan de bijbehorende kans afgeleid worden.

c) mechanische impact

De kans op een BLEVE t.g.v. een mechanische inslag is afhankelijk van de locatie waar de tankauto tijdens de verlading staat opgesteld. Met behulp van tabel 3 kan de bijbehorende kans afgeleid worden.

² TNO-rapport "Reductie BLEVE-frequentie van een LPG-tankauto op een autotankstation" (1985).

Tabel 4: Maximaal toelaatbare personendichtheden (en – aantallen) bij verschillende BLEVE kansen en doorzetten per jaar

Situatie BLEVE kans per 100 verladingsen	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1. Langdurige lekkage	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08
2. Omgevingsbrand	2,0E-06	2,0E-06	2,0E-06	1,0E-06	1,0E-06	1,0E-06	8,0E-07	8,0E-07	8,0E-07	6,0E-07	6,0E-07	6,0E-07	4,0E-07	4,0E-07	4,0E-07	2,0E-07	2,0E-07	2,0E-07
3. Mechanische impact	2,3E-07	4,8E-08	2,5E-09	2,3E-07	4,8E-08	2,5E-09	2,3E-07	4,8E-08	2,5E-09	2,3E-07	4,8E-08	2,5E-09	2,3E-07	4,8E-08	2,5E-09	2,3E-07	4,8E-08	2,5E-09
Aantal personen per ha vanaf 10⁻⁶ tot grens invloedsgebied																		
Situatie Doorzet [m ³ /jaar]	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C
250	20	23	23	25	30	32	27	33	36	29	37	40	31	42	48	33	47	55
500	14	16	16	17	21	22	19	23	25	20	26	28	21	30	33	23	33	39
750	11	12	13	14	17	18	15	19	20	16	21	23	17	24	27	18	27	31
1000	9	11	11	12	15	16	13	16	17	14	18	20	15	20	23	16	23	27
1250	18	22	23	22	28	31	23	30	33	24	33	37	26	36	41	27	40	47
1500	17	20	21	20	26	28	21	27	30	22	30	33	23	33	37	24	36	43
Aantal personen vanaf 10⁻⁶ tot grens invloedsgebied																		
Situatie Doorzet [m ³ /jaar]	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C
250	129	145	150	162	196	208	172	214	230	184	238	260	199	272	306	210	305	357
500	89	100	103	112	136	145	119	149	160	128	166	182	138	190	214	145	213	249
750	71	80	83	90	110	117	96	120	129	103	134	147	111	153	173	117	172	202
1000	60	68	71	77	94	100	82	103	111	88	115	126	94	132	149	100	147	173
1250	60	72	75	72	93	101	76	99	109	79	107	120	83	117	134	88	131	154
1500	54	64	68	65	84	91	68	90	99	71	97	108	75	106	121	80	119	140

Opmerking:

Bij een doorzet van 500, 1.000 en 1.500 m³/jaar wordt voor situatie 1A een maximaal toelaatbare personendichtheid berekend van 14, 9 en 17 per ha (vanaf 10⁻⁶ tot de grens van het invloedsgebied). Deze maximaal toelaatbare personendichtheden horende bij situatie 1A (hoogste BLEVE kansen) komen overeen met die in tabel 1.

Stap 3. Toepassen van verblijftijdcorrectie

Deze stap is komen te vervallen.

16.4 De correctietabel

In de Handreiking uit 2004 is de correctietabel opgenomen zoals in 2003 is opgesteld door het RIVM. De verblijfstijdentabel is gepresenteerd als een correctiemethode in combinatie met de personendichthedentabellen bij categoriale bedrijven. In de Handreiking uit 2004 zijn ook de beperkingen beschreven. Nadien is geconstateerd dat de tabel vaak verkeerd wordt toegepast⁵⁴, waardoor het werkelijke groepsrisico onderschat wordt. Daarom is besloten deze tabel in de Handreiking definitieve versie niet meer op te nemen.

54 Het betreft hier zowel rekenkundig foute toepassingen als, vooral, gebruik voor andere situatie dan waarvoor de tabel ontworpen is, zoals een uniforme en homogene omgeving.

Uit: *Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico*, versie 1.0, november 2007

Bijlage 1: Berekening groepsrisico (FN-curve)

Aan de hand van een voorbeeld wordt uitgelegd hoe de FN-curve voor het groepsrisico bepaald kan worden. Voor deze berekening is geen QRA rekenpakket nodig maar het is wel aan te raden een (eenvoudig) spreadsheet programma te gebruiken.

Stap 4. Bereken de totale BLEVE kans

Als voorbeeld wordt een LPG-tankstation beschouwd met een jaarlijkse doorzet van 1.000 m³ en een tankstation inrichting die behoort tot situatie 6C van tabel 4:

- BLEVE kans per 100 verladingen als gevolg van brand na een *langdurige lekkage* tijdens de verlading = 2,9E-08 (5,8E-10/uur x 100 verladingen x 0,5 uur per verlading);
- idem als gevolg van *omgevingsbrand* = 2,0E-07 en
- als gevolg van *mechanische impact* = 2,5E-09).

In tabel 6 staan de totale BLEVE kansen die bij dit voorbeeld horen. Hieronder volgt een korte uitleg over de gebruikte waarden en berekeningen.

Warme en koude BLEVE

Een warme BLEVE ontstaat als gevolg van een brand (BLEVE kans *langdurige lekkage* en *omgevingsbrand*). Door de hogere temperatuur van de LPG in de tankwagen zal het effectgebied van de warme BLEVE (overdruk van 23,5 bar) groter zijn dan bij een koude BLEVE (overdruk van 5,2 bar). Een koude BLEVE ontstaat bij het falen van een tankauto zonder brand (bijvoorbeeld door een aanrijding met een andere vrachtwagen) waarna ontsteking volgt (BLEVE kans *mechanische impact*). In dit stappenplan beschouwen we vanuit praktische overwegingen een koude BLEVE als een warme BLEVE (conservatieve aanname).

Vullingsgraad LPG-tankauto

Wanneer een BLEVE optreedt bij een 100% gevulde LPG-tankauto zal iedereen overlijden die zich binnen een straal van 150 meter van de tankauto (lees: vulpunt) bevindt. Vanwege het feit dat daarbuiten nauwelijks meer dodelijke slachtoffers zijn te verwachten (93% van de mensen verblijven binnen en zijn voldoende beschermd tegen warmtetransmissie), hoeven alleen personen binnen het invloedsgebied van 150 meter te worden beschouwd.

Bij de BLEVE scenario's ten gevolge van een *omgevingsbrand* of een *mechanische impact* mag rekening worden gehouden met de vulgraad van de LPG-tankauto³. Aangezien de tankauto niet altijd voor 100% is gevuld, wordt bij deze scenario's met drie verschillende vullingsgraden gerekend:

- BLEVE bij een vullingsgraad van 100% (26.700 kg LPG)
- BLEVE bij een vullingsgraad van 67% (17.800 kg LPG)
- BLEVE bij een vullingsgraad van 33% (8.900 kg LPG)

Hierbij wordt er vanuit gegaan dat in 1/3-deel van het aantal losactiviteiten per jaar de tankauto 100% gevuld, 1/3-deel van het aantal keren de tankauto 67% gevuld en bij 1/3-deel 33% gevuld (factor 0,33 in tabel 6).

³ Bij het BLEVE scenario ten gevolge van een *langdurige lekkage* wordt er geen rekening gehouden met verschillende vulgraden van de LPG-tankauto en de BLEVE vervolgekansen (conservatieve benadering).

Vervolgkansen warme BLEVE tankauto

De kans op een warme BLEVE is afhankelijk van de vullingsgraad van de tankauto: hoe hoger de vullingsgraad, hoe lager de BLEVE kans. Dit heeft te maken met het feit dat vloeibare LPG beter in staat is warmte op te nemen dan gasvormig LPG, waardoor een volle tankauto minder snel zal bezwijken (temperatuur van de tankwand loopt minder snel op). De vervolgkansen die horen bij de verschillende vullingsgraden staan vermeld in tabel 5.

Tabel 5: Vervolgkansen warme BLEVE van de tankauto

BLEVE scenario	Vervolgkansen*:	invloedsgebied (100% letaal)
100% gevulde tankauto	19%	150 meter
67% gevulde tankauto	46%	130 meter
33% gevulde tankauto	73%	100 meter

* Zie QRA berekening LPG-tankstations van 20 december 2007.

Het invloedsgebied van een niet volledig gevulde tankauto is – vanwege een kleinere explosieve massa – geringer van omvang: 130 meter voor een 67% gevulde tankauto en 100 meter voor een 33% gevulde tankauto. Vervolgens moet worden geïnventariseerd hoeveel personen zich op enig tijdstip binnen een afstand van 100, 130 en 150 meter van het vulpunt aanwezig zijn. Dit wordt a.d.h.v. een voorbeeld verder toegelicht in stap 5.

Correctie voor het aantal verladingen per jaar

De BLEVE kansen in tabel 4 gelden voor 100 LPG verladingen per jaar. Bij benadering wordt aangenomen dat er bij een jaarlijkse doorzet van 1000 m³ LPG 70 verladingen nodig zijn. Voor ons voorbeeld moeten de bijbehorende BLEVE kansen dan ook met een factor 70/100 vermenigvuldigen.

Tabel 6: BLEVE kansen per jaar behorende bij de voorbeeldsituatie

BLEVE scenario	BLEVE kans ten gevolge van een omgevingsbrand	BLEVE kans ten gevolge van een langdurige lekkage ³	BLEVE kans ten gevolge van een mechanische impact	Totale BLEVE kans (koude + warme BLEVE)	
	per 100 verladingen	per 100 verladingen	per 100 verladingen	per 100 verladingen	per 70 verladingen
100% gevulde tankauto	$0,33 \times 0,19 \times 2,0E-7$	2,9E-8	$0,33 \times 2,5E-09$	4,24E-08	2,97E-08
67% gevulde tankauto	$0,33 \times 0,46 \times 2,0E-7$	-	$0,33 \times 2,5E-09$	3,12E-08	2,18E-08
33% gevulde tankauto	$0,33 \times 0,73 \times 2,0E-7$	-	$0,33 \times 2,5E-09$	4,90E-08	3,43E-08

Stap 5. Bepaal het aantal personen binnen het invloedsgebied

Binnen de zone van 150 meter rond het LPG-tankstation uit ons voorbeeld bevinden zich drie (beperkt) kwetsbare objecten. Hierin bevinden zich de volgende aantallen personen voor 2 verschillende periodes: dag (44%) en nacht (56%).

(In principe kunnen ook ander of meer dan twee periodes worden gebruikt. Bijvoorbeeld: periode 1 = 's morgens; periode 2 = 's middags; periode 3 = 's nachts + weekend)

Tabel 6a: bevolkingsgegevens (1)

Aantal personen	Periodes	
	Dag	Nacht
tijdsfractie	44%	56%
Kantoor 1	150	40
Kantoor 2	100	10
Bedrijfsgebouw	10	4
Totaal	260	54

20% van het oppervlak van kantoor 1 ligt binnen de zone 0-100 meter en 80% binnen zone 100-130 meter. De verdeling van de andere objecten over de drie zones is weergegeven in tabel 6b:

Tabel 6b: bevolkingsgegevens (2)

	Zone 0 – 100 meter	Zone 100 - 130 meter	Zone 130 – 150 meter
Kantoor 1	20%	80%	0%
Kantoor 2	0%	60%	40%
Bedrijfsgebouw 1	100%	0%	0%

Dit leidt voor de periodes dag en nacht tot de volgende personen aantallen per zone (uitgaande van een uniforme verdeling van personen per object):

Tabel 6c: bevolkingsgegevens (3)

Zone [m]	Periode dag (44%)			Periode nacht (56%)		
	0-100	100-130	130-150	0-100	100-130	130-150
Kantoor 1	30	120	0	8	32	0
Kantoor 2	0	60	40	0	6	4
Bedrijfsgebouw 1	10	0	0	4	0	0
Totaal	40	180	40	12	38	4

In geval van een tankauto BLEVE bij een 100% gevulde tankauto zal iedereen binnen het invloedsgebied van 150 meter overlijden. Dus alle mensen in zone 0-100 m, 100-130 m en 130-150 m. Bij een tankauto BLEVE bij een 67% gevulde tankauto zullen alleen de mensen binnen zone 0-100 m en 100-130 m overlijden. En bij een 33% gevulde tankauto uitsluitend de in zone 0-100 m aanwezige personen.

Tabel 7: Aantal dodelijke slachtoffers

	Periode dag (44%)	Periode nacht (56%)
100% gevulde tankauto	40+180+40 = 260	12+38+4 = 54
67% gevulde tankauto	40+180 = 220	12+38=50
33% gevulde tankauto	40	12

Voor de periodes dag en nacht gelden per vullingsgraad de volgende BLEVE kansen:

Tabel 8: faalfrequenties

BLEVE scenario	Totale BLEVE kans	BLEVE kans voor periode dag en nacht (incl. tijdsfractie)	
		Periode dag (44%)	Periode nacht (56%)
100% gevulde tankauto	2,97E-08	44% x 2,97E-08 = 1,30E-08	56% x 2,97E-08 = 1,66E-08
67% gevulde tankauto	2,18E-08	44% x 2,18E-08 = 9,60E-09	56% x 2,18E-08 = 1,22E-08
33% gevulde tankauto	3,43E-08	44% x 3,43E-08 = 1,51E-08	56% x 3,43E-08 = 1,92E-08
Totaal	8,58E-08	8,58E-08	

Stap 6. Bereken het groepsrisico

Table 9 is gemaakt op basis van het aantal dodelijke slachtoffers (tabel 7) en de bijbehorende faalfrequenties (tabel 8). De FN-curve voor het groepsrisico kan worden geconstrueerd door de waarden uit de eerste kolom uit te zetten tegen die uit kolom 3 (zie figuur 1).

Tabel 9: Afleiding FN-curve

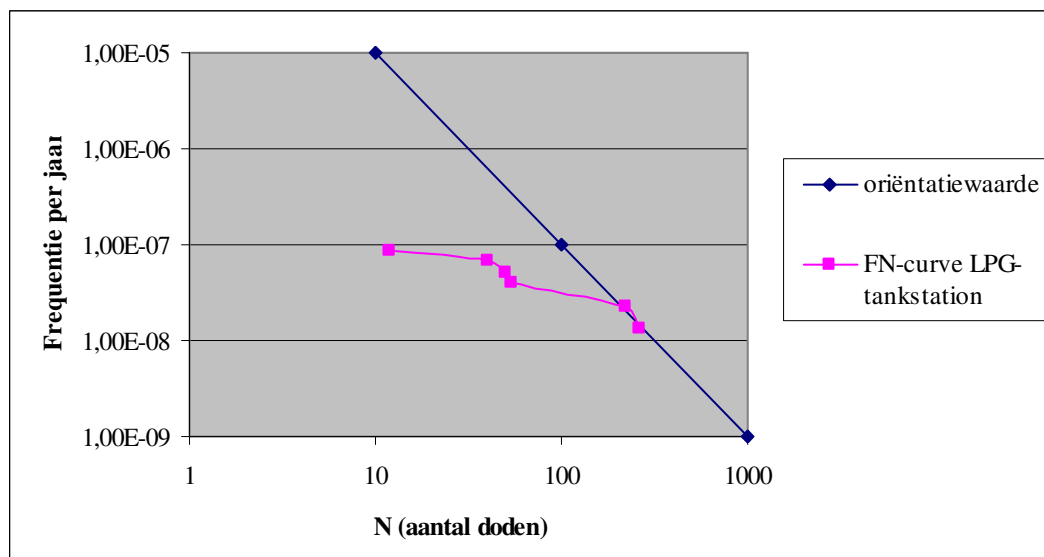
Aantal doden (aflopend)	Faalfrequentie (f)	Faalfrequentie CUMULATIEF (F)	Oriëntatiewaarde voor inrichtingen (OWI) [#]	F /OWI
260	1,30E-08	1,30E-08	1,48E-08	0,88
220	9,60E-09	2,27E-08	2,07E-08	1,10
54	1,66E-08	3,93E-08	3,43E-07	0,11
50	1,22E-08	5,15E-08	4,00E-07	0,13
40	1,51E-08	6,66E-08	6,25E-07	0,11
12	1,92E-08	8,58E-08	6,94E-06	0,01
Totaal	8,58E-08			

[#] OWI (oriëntatiewaarde inrichtingen) = $0,001/(\text{aantal doden})^2$

Is er een overschrijding van de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico?

1. JA → er is mogelijk sprake van overschrijding van de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico. Door middel van een gedetailleerde analyse met behulp van een QRA rekenpakket kan worden nagegaan of dit ook daadwerkelijk het geval is.
2. NEE → de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt niet overschreden.

In dit voorbeeld wordt de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico overschreden bij 220 doden met 10% (factor 1,1). In een werkelijke situatie kunnen er omstandigheden zijn die het groepsrisico kunnen verlagen. Hiermee kan rekening worden gehouden bij het uitvoeren van een meer gedetailleerde berekening zoals een QRA.



Figuur 1: FN-curve behorende bij het voorbeeld LPG-tankstation.