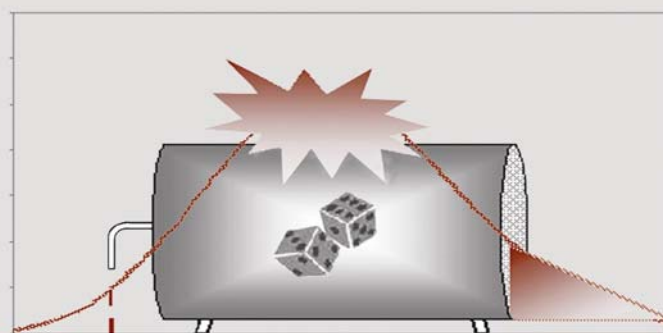


HANDBOEK FAALFREQUENTIES 2009

voor het opstellen van een

VEILIGHEIDSRAPPORT



05/05/2009



Vlaamse overheid
Departement LNE
Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid
Dienst Veiligheidsrapportering

HANDBOEK FAALFREQUENTIES 2009

voor het opstellen van een

VEILIGHEIDSRAPPORT

05/05/2009



Vlaamse overheid
Departement LNE
Afdeling Milieu-, Natuur en Energiebeleid
Dienst Veiligheidsrapportering

Inhoudstafel

HOOFDSTUK 1: INLEIDING	9
HOOFDSTUK 2: DRUKTANKS	12
HOOFDSTUK 3: VERPLAATSBARE DRUKHOUDERS	13
HOOFDSTUK 4: ATMOSFERISCHE TANKS	14
HOOFDSTUK 5: WARMTEWISSELAARS	17
HOOFDSTUK 6: POMPEN EN COMPRESSOREN	19
HOOFDSTUK 7: LEIDINGSYSTEMEN	20
HOOFDSTUK 8: VERLADINGSACTIVITEITEN	21
HOOFDSTUK 9: BRAND IN MAGAZIJNEN	22
HOOFDSTUK 10: STUKGOEDEREN	23
HOOFDSTUK 11: GEVOLGBEPERKENDE MAATREGELEN	24
HOOFDSTUK 12: VERVOLGGEBEURTENISSEN	28
HOOFDSTUK 13: REFERENTIES	31

Voorwoord

In 1994 werd een richtlijn “Handboek Kanscijfers” uitgegeven [HBKC1994]. Hierin werden de faalfrequenties voor de verschillende installatieonderdelen beschreven, die door de VR-deskundigen te gebruiken waren bij het opstellen van veiligheidsrapporten.

In 2002 werd de richtlijn “Actualisatie van de AMINAL-richtlijn voor het gebruik van faalkansen bij het opstellen van veiligheidsrapporten” gepubliceerd. In deze richtlijn werden slechts de nieuwe faalfrequenties voor een beperkt aantal installatieonderdelen weergegeven. Voor de faalfrequenties die behouden werden, werd verwezen naar de respectievelijke overblijvende hoofdstukken uit het “Handboek Kanscijfers”.

In 2004 werden het Handboek Kanscijfers uit 1994 en de richtlijn uit 2002 samengevoegd tot één document, met name de gecoördineerde versie “Handboek Kanscijfers 2004” [HBKC2004].

In 2007 werd het TWOL-project “Actualisering van de faalkansen in de risicoberekeningen van Sevesobedrijven” [SGS] opgeleverd. Dit project had als doel om meer actuele faalfrequenties te bekomen voor verschillende installatieonderdelen. Aan de hand van het eindrapport van het TWOL-project en na overleg met de erkende VR-deskundigen en de Seveso-inrichtingen werd voorliggend “Handboek Faalfrequenties 2009” opgesteld.

Alle achtergrondinformatie omtrent de hier weergegeven faalfrequenties kan teruggevonden worden in het begeleidend document met achtergrondinformatie [AI2009].

Hoofdstuk 1: Inleiding

In de volgende hoofdstukken worden de faalwijzen en generieke faalfrequenties per installatie(onderdeel) binnen een inrichting weergegeven. In de kwantitatieve risicoanalyse dienen al deze faalwijzen in rekening gebracht te worden en dient van de opgegeven generieke faalfrequenties gebruik gemaakt te worden. De in dit handboek weergegeven faalfrequenties hebben voorrang op alle in andere literatuur te vinden faalfrequenties. Indien blijkt dat andere dan de hier opgenomen installaties relevant zijn voor de externe veiligheid, dienen deze met een onderbouwde faalfrequentie in de kwantitatieve risicoanalyse meegenomen te worden.

Veelgebruikte symbolen

d_{eq}	Equivalente lekdiаметer (mm)
D_{max}	Maximale aansluitdiаметer (mm)
D_{10}	Lekdiаметer die aanleiding geeft tot een vrijzetting in 10 minuten
$D_{L, max}$	Maximale lekdiаметer (=min (D_{max} , D_{10}))

1.1. DRUKTANKS EN ATMOSFERISCHE TANKS

Voor druktanks (Hoofdstuk 2) en atmosferische tanks (Hoofdstuk 4) geeft het handboek instantane faalwijzen en lekken. Hieronder wordt verduidelijkt hoe deze faalwijzen moeten worden meegenomen in de risicoberekening.

Instantaan falen

Instantaan falen van een tank wordt op twee manier gemodelleerd, nl. als “breuk” en als “volledige uitstroom in 10 minuten”. De faalfrequentie van instantaan falen wordt hierbij gelijk verdeeld over de twee vrijzettingsscenario’s.

Indien één van de te modelleren lekken aanleiding geeft tot een uitstroom van de volledige inhoud in 10 minuten of minder, dient de faalwijze “volledige uitstroom in 10 minuten” niet meegenomen te worden in de risicoberekening, maar wordt de faalfrequentie van deze faalwijze opgeteld bij de faalfrequentie van de faalwijze “breuk”. De totale faalfrequentie voor het instantaan falen wordt bijgevolg steeds toegepast, hetzij opgesplitst in de faalwijzen “volledige uitstroom in 10 minuten” en “breuk”, hetzij enkel in de faalwijze “breuk”.

Lekken

Het handboek voorziet drie lekfaalwijzen, met name “groot lek”, “middelgroot lek” en “klein lek”. De wijze waarop deze lekfaalwijzen beschouwd worden in de risicoberekening is afhankelijk van de maximale lekdiameter.

Voor de bepaling van de maximale lekdiameter wordt het minimum genomen van de maximale aansluitdiameter en de diameter die aanleiding geeft tot uitstroom in 10 minuten ($D_{L, \max} = \min(D_{\max}, D_{10})$).

Indien de maximale lekdiameter kleiner is dan of gelijk aan 10 mm, wordt enkel de faalwijze “klein lek” beschouwd in de risicoberekening met een faalfrequentie gelijk aan de som van de faalfrequenties voor de faalwijzen “groot lek”, “middelgroot lek” en “klein lek”. De equivalente lekdiameter wordt gelijkgesteld aan 10 mm.

Indien de maximale lekdiameter in het interval van het middelgroot lek (10 - 50 mm) gelegen is, dient de faalwijze “groot lek” niet beschouwd te worden in de risicoberekening, maar wordt de faalfrequentie van de faalwijze “groot lek” opgeteld bij deze van de faalwijze “middelgroot lek”. De equivalente lekdiameter voor de faalwijze “middelgroot lek” wordt gelijkgesteld aan de maximale lekdiameter.

De faalwijze “klein lek” wordt nog steeds apart beschouwd in de risicoberekening met zijn eigen faalfrequentie en een equivalente lekdiameter van 10 mm.

Indien de maximale lekdiameter groter is dan 50 mm, worden de faalwijzen “groot lek”, “middelgroot lek” en “klein lek” allen apart beschouwd in de risicoberekening, elk met zijn eigen faalfrequentie.

De equivalente lekdiameter voor de faalwijze “groot lek” wordt gelijkgesteld aan de maximale lekdiameter.

De equivalente lekdiameter voor de faalwijze “middelgroot lek” wordt gelijkgesteld aan 25 mm.

De equivalente lekdiameter voor de faalwijze “klein lek” wordt gelijkgesteld aan 10 mm.

1.2. AFWIJKENDE FAALFREQUENTIES

De in dit handboek opgenomen (generieke) faalfrequenties dienen in de kwantitatieve risicoanalyse verplicht aangewend te worden. In specifieke gevallen echter kan van deze faalfrequenties afgeweken worden middels een faalfrequentiereductie of -verhoging. Voor faalfrequentieverhoging gelden geen specifieke richtlijnen. Voor faalfrequentiereductie worden de richtlijnen hieronder toegelicht. Voor beide geldt dat procedure OVR_P10 uit de Code OVR moet gevolgd worden.

Een faalfrequentiereductie berust op bijzondere, aanvullende, preventieve veiligheidsmaatregelen die de normaal te verwachten preventieve veiligheidsmaatregelen overstijgen.

Een faalfrequentiereductie wordt gebaseerd op een gedetailleerde oorzakenanalyse die publiek beschikbaar is (bijvoorbeeld zoals opgenomen in het document met achtergrondinformatie [AI2009]). Deze oorzakenanalyse geeft in tabelvorm een opsomming van de mogelijke (deel)oorzaken die (al dan niet individueel of opeenvolgend) aanleiding geven tot het falen van het beschouwde installatieonderdeel. Aan elke (deel)oorzaak is een relatieve bijdrage gekoppeld. Tegenover elke (deel)oorzaak wordt een veiligheidsmaatregel of een pakket van veiligheidsmaatregelen geplaatst die aanleiding kunnen geven tot een reductie van de relatieve bijdrage van deze (deel)oorzaak. Een veiligheidsmaatregel kan uiteraard aanleiding geven tot de reductie van de bijdrage van meerdere (deel)oorzaken.

Voor het toekennen van de reductiefactoren gelden volgende algemene regels:

Nr.	Omstandigheid	Reductiefactor
1.	Organisatorische of beleidsmatige veiligheidsmaatregel	0,10
2.	Technische veiligheidsmaatregel	0,05
3.	Technische veiligheidsmaatregel, redundant uitgevoerd en bewaakt door een veiligheidsschakeling los van de procescomputer	0,01
4.	Veiligheidsmaatregel die de deelloorzaak uitsluit, of deelloorzaak die niet van toepassing is	0

De in bovenstaande tabel beschreven omstandigheden zijn richtinggevend van aard.

In oorzakenanalyses wordt dikwijls de categorie “oorzaak onbekend” opgenomen. Deze categorie omvat falingen waarvoor in de literatuur geen eenduidige oorzaak wordt opgegeven, of waarvoor een combinatie van oorzaken aan de basis ervan lag. De relatieve bijdrage van deze categorie kan niet gereduceerd worden.

De veiligheidsmaatregelen worden duidelijk en omstandig beschreven. De aanwezigheid, de operationaliteit, de effectiviteit, de efficiëntie en de betrouwbaarheid ervan moeten op voldoende geachte wijze aangetoond worden.

Een gereduceerde faalfrequentie mag nooit kleiner zijn dan 10% van de generieke faalfrequentie.

Hoofdstuk 2: Druktanks

In Tabel 1 worden de generieke faalfrequenties gegeven voor lekken en instantane vrijzettingen uit druktanks. Deze tabel is van toepassing op alle installatieonderdelen onder druk met uitzondering van deze die elders in het handboek vermeld staan. Deze tabel moet gelezen worden samen met de uitleg uit paragraaf 1.1.

Tabel 1: Faalfrequenties [/tankjaar] voor druktanks

Faalwijze	Faalfrequentie [/tankjaar]		
	Opslagtanks		Procesinstallaties en andere
	Bovengronds (incl. tankwagens en spoorwagens)	Ingegraven of ingeterpt	
Klein lek $0,1 < d \leq 10$ mm $d_{eq} = 10$ mm	$1,2 \cdot 10^{-5}$		$1,2 \cdot 10^{-4}$
Middelgroot lek $10 < d \leq 50$ mm $d_{eq} = 25$ mm	$1,1 \cdot 10^{-6}$		$1,1 \cdot 10^{-5}$
Groot lek $50 < d \leq D_{max}$ $d_{eq} = D_{L, max}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$		$1,1 \cdot 10^{-5}$
Volledige uitstroom in 10 min	$3,2 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$
Breuk	$3,2 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$

Het installatieonderdeel druktank omvat de tank met inbegrip van het mangat, aansluitingen voor instrumentatie en leidingaansluitingen tot aan de eerste flens. Lekken in het bijhorende leidingstelsel zijn hierin niet opgenomen.

Indien de leidingaansluiting tot aan de eerste flens een grotere lengte heeft dan 10 m, dient de leidingaansluiting als een afzonderlijk leidingstuk meegenomen te worden.

Definities

Mobiele druktank Tank voor gevaarlijke stoffen die vallen in ADR klasse 2.
 Vaste druktank Tank met een ontwerpdruk van tenminste 0,5 bar overdruk.

Hoofdstuk 3: Verplaatsbare drukhouders

Als generieke faalfrequenties gelden de cijfers vermeld in Tabel 2. Deze faalfrequenties zijn van toepassing op alle verplaatsbare drukhouders tot 1000 liter (gasflessen en drukvaten).

Tabel 2: Faalfrequenties voor verplaatsbare drukhouders tot 1000 liter

Faalwijze	Faalfrequentie	
	Gasfles [/fles.jaar]	Drukvat [/vat.jaar]
Lek $d_{eq} = D_{max}$	-	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Breuk	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$

Definities

Drukhouders	Houder met een ontwerpdruk van ten minste 0,5 bar overdruk.
Drukvat	Verplaatsbare drukkhouder met een waterinhoud van meer dan 150 liter en niet meer dan 1000 liter.
Gasfles	Verplaatsbare drukkhouder met een waterinhoud van niet meer dan 150 liter.

Hoofdstuk 4: Atmosferische tanks

In Tabel 3 worden de generieke faalfrequenties gegeven voor lekken en instantane vrijzettingen uit atmosferische tanks. Voor de opslagtanks dient het beslissingsdiagram uit Figuur 1 gebruikt te worden om te bepalen uit welke kolom de faalfrequenties dienen gehanteerd. Deze tabel moet gelezen worden samen met de uitleg uit paragraaf 1.1.

Tabel 3: Faalfrequenties [/tankjaar] voor atmosferische tanks

Faalwijze	Faalfrequentie [/tankjaar]						
	Opslagtanks					Proces- installaties en andere	
	Tanktype 1 (incl. tankwagens, spoorwagens)	Tanktype 2*	Tanktype 3*	Tanktype 4*	Ingegraven of ingeterpt		
Klein lek $0,1 < d \leq 10$ mm $d_{eq} = 10$ mm	$2,4 \cdot 10^{-3}$					-	$2,4 \cdot 10^{-2}$
Middelgroot lek $10 < d \leq 50$ mm $d_{eq} = 25$ mm	$2,2 \cdot 10^{-4}$					-	$2,2 \cdot 10^{-3}$
Groot lek $50 < d < D_{max}$ $d_{eq} = D_{L, max}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$					-	$2,2 \cdot 10^{-3}$
Volledige uitstroom in 10 min	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	
Breuk	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	

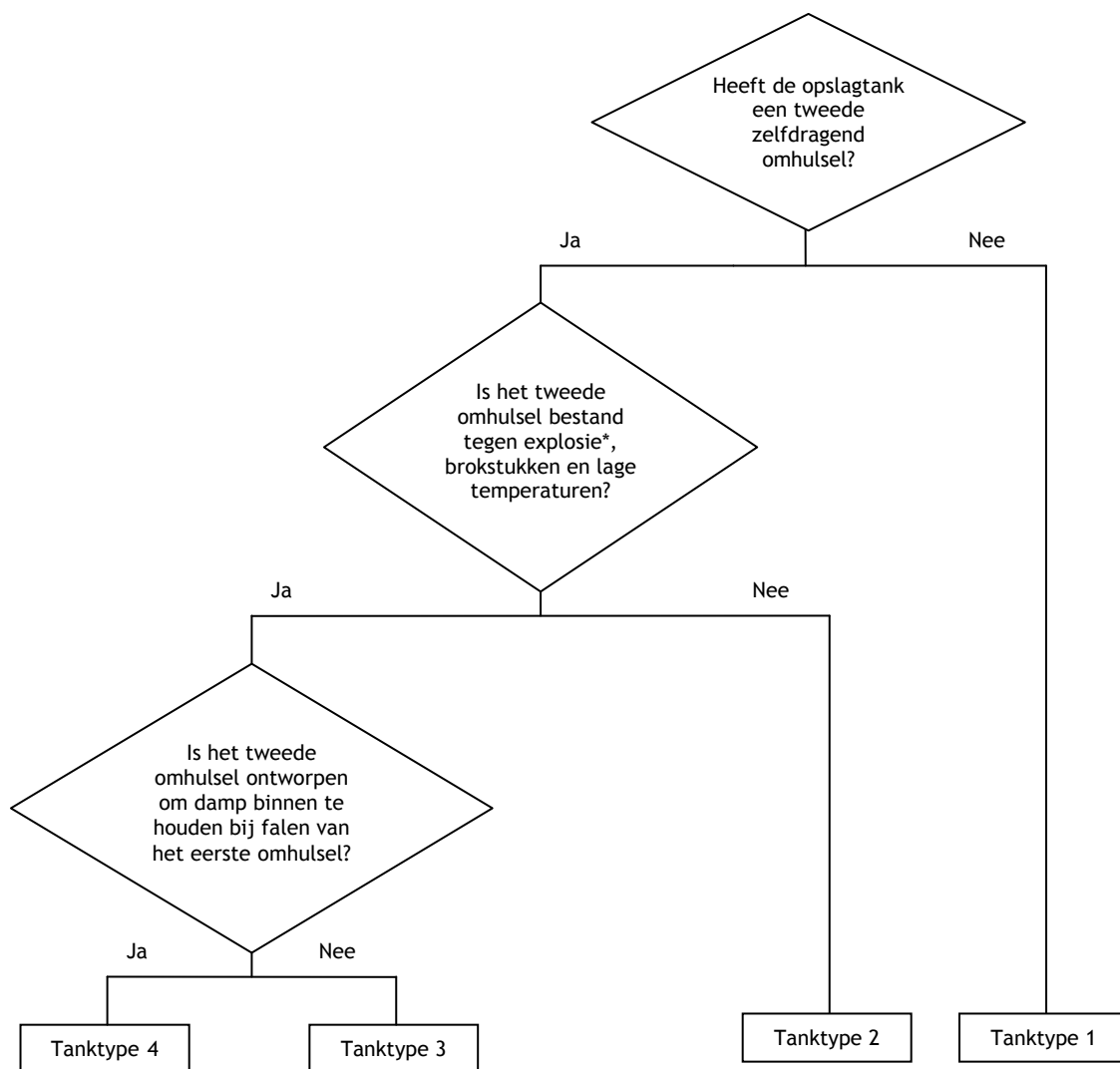
* Voor de lekken gelden deze faalfrequenties voor de eerste (binnenste) omhulling.

Bovenvermelde faalfrequenties dienen toegepast te worden op alle afzonderlijke atmosferische tanks. In geval van compartimentering dient de faalfrequentie per compartiment toegepast te worden.

Het installatieonderdeel atmosferische tank omvat de tank met inbegrip van het mangat, aansluitingen voor instrumentatie en leidingaansluitingen tot aan de eerste flens. Lekken in het bijhorende leidingstelsel zijn hierin niet opgenomen.

Indien de leidingaansluiting tot aan de eerste flens een grotere lengte heeft dan 10 m, dient de leidingaansluiting als een afzonderlijk leidingstuk meegenomen te worden.

Figuur 1: Beslissingsdiagram voor de bepaling van het type opslagtank



* Explosie: Statische drukbelasting van 0,3 bar gedurende 300 ms

In Tabel 4 wordt de kans op tankbrand voor de verschillende soorten vloeistoffen weergegeven.

Tabel 4: Faalfrequenties [/tankjaar] voor tankbrand bij atmosferische tanks

Scenario	Type tank	Faalfrequentie [/tankjaar]		
		P1-vloeistof	P2-vloeistof	P3- en P4-vloeistof
Tankbrand	Tank met uitwendig vlottend dak	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
	Tank met vast dak <u>zonder</u> stikstofdeken	$6,9 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$
	Tank met vast dak <u>met</u> stikstofdeken	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$

Definities

Mobiele atmosferische tank	Tank voor gevaarlijke stoffen die niet binnen ADR klasse 2 vallen.
Vaste atmosferische tank	Tank met een ontwerpdruk kleiner dan 0,5 bar overdruk.
P1-vloeistoffen	Zeer licht en licht ontvlambare vloeistoffen, met name vloeistoffen met een vlampunt lager dan 21°C.
P2-vloeistoffen	Ontvlambare vloeistoffen, met name vloeistoffen met een vlampunt gelijk aan of hoger dan 21°C en gelijk aan of lager dan 55°C.
P3-vloeistoffen	Brandbare vloeistoffen met een vlampunt hoger dan 55°C en gelijk aan of lager dan 100°C.
P4-vloeistoffen	Brandbare vloeistoffen met een vlampunt hoger dan 100°C en gelijk aan of lager dan 250°C.

Hoofdstuk 5: Warmtewisselaars

5.1. PIJPWARMTEWISSELAARS

Tabel 5 toont de generieke faalfrequenties voor pijpwarmtewisselaars.

Tabel 5 : Faalfrequenties (mantel) [/warmtewisselaar.jaar] voor pijpwarmtewisselaars

Faalwijze mantel	Faalfrequentie [/warmtewisselaar.jaar]
Klein lek $0 < d \leq 25$ mm $d_{eq} = 10$ mm	$6,0 \cdot 10^{-3}$
Middelgroot lek $25 < d \leq 50$ mm $d_{eq} = 35$ mm	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Groot lek $50 < d \leq 150$ $d_{eq} = 100$ mm	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Breuk	$1,3 \cdot 10^{-5}$

Een inwendige pijpbreuk zal aanleiding geven tot een mantellek indien de werkdruk in de pijpen hoger is dan de ontwerpdruk van de mantel en de drukontlasting niet of onvoldoende gebeurt. Afhankelijk van de specifieke situatie dient nagegaan wat de kans is op het falen (lekken) van de mantel tengevolge van een pijpbreuk en dient dit scenario afzonderlijk in rekening gebracht te worden. In dit geval wordt uitgegaan van een faalfrequentie van $7,1 \cdot 10^{-3}$ /warmtewisselaar.jaar voor pijpbreuk.

5.2. PLAATWARMTEWISSELAARS

Tabel 6 toont de generieke faalfrequenties voor plaatwarmtewisselaars met een werkdruk lager dan 5 bar, met een werkdruk tussen 5 en 8 bar en met een werkdruk hoger dan 8 bar.

Tabel 6: Faalfrequenties [/warmtewisselaar.jaar] voor plaatwarmtewisselaars

Faalwijze	Faalfrequentie [/warmtewisselaar.jaar]		
	P < 5 bar	5 bar ≤ P < 8 bar	8 bar ≤ P
Klein lek 0 < d ≤ 25 mm d _{eq} = 10 mm	4,6 10 ⁻³	7,0 10 ⁻³	1,8 10 ⁻²
Middelgroot lek 25 < d ≤ 50 mm d _{eq} = 35 mm	2,0 10 ⁻³	3,0 10 ⁻³	7,2 10 ⁻³
Breuk	5,5 10 ⁻⁶	8,3 10 ⁻⁶	2,0 10 ⁻⁵

P = werkdruk (bar)

Hoofdstuk 6: Pompen en compressoren

De generieke faalfrequenties voor pompen en compressoren worden in Tabel 7 getoond.

Tabel 7: Faalfrequenties voor pompen en compressoren

Faalwijze	Faalfrequentie [/pompjaar] of [/compressorjaar]		
	Centrifugaalpompen		Zuigerpompen Compressoren
	Met pakking	Zonder pakking	
Lek $d_{eq} = 0,1 D_{max}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$
Breuk	-	-	$1,0 \cdot 10^{-4}$

Hoofdstuk 7: Leidingsystemen

In Tabel 8 worden de faalfrequenties voor boven- en ondergrondse leidingsystemen weergegeven.

Tabel 8: Faalfrequenties voor leidingsystemen

Bovengrondse leiding		Ondergrondse leiding	
Faalwijze	Faalfrequentie [jaar]	Faalwijze	Faalfrequentie [m.jaar]
Klein lek $d_{eq} = 0,1 D$	$2,8 \cdot 10^{-7} L/D$	Barst $d_{eq} = 10 \text{ mm}$	$7,9 \cdot 10^{-8}$
Middelgroot lek $d_{eq} = 0,15 D$	$1,2 \cdot 10^{-7} L/D$		
Groot lek $d_{eq} = 0,36 D$	$5,0 \cdot 10^{-8} L/D$	Gat $d_{eq} = 0,5 D$	$6,9 \cdot 10^{-8}$
Breuk	$2,2 \cdot 10^{-8} L/D$	Breuk	$2,8 \cdot 10^{-8}$

L = Lengte pijpleiding (mm) (minstens 10 m)

D = Binnendiameter pijpleiding (mm)

Hoofdstuk 8: Verladingsactiviteiten

Voor lek of breuk van de laad/losslang en van de laad/losarm bij verladingsactiviteiten bij tankwagens, spoorwagens en schepen worden de waarden uit Tabel 9 gebruikt.

Tabel 9: Faalfrequenties voor laadarmen en flexibels

Faalwijze	Faalfrequentie [/uur]		
	Laadarm	Flexibel	Flexibel voor LPG
Lek $d_{eq} = 0,1 D$ (max. 50 mm)	$3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$
Breuk	$3 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-7}$

D = diameter laadarm of flexibel (mm)

Hoofdstuk 9: Brand in magazijnen

De generieke faalfrequenties voor brand in magazijnen worden vermeld in Tabel 10 per brandcompartiment.

Tabel 10: Faalfrequenties voor branden in magazijnen

Scenario	Faalfrequentie [/brandcompartiment.jaar]
Brand in magazijnen <u>zonder</u> een automatisch brandbestrijdingssysteem	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Brand in magazijnen <u>met</u> een automatisch brandbestrijdingssysteem	$6,9 \cdot 10^{-4}$

Definities

Automatisch brandbestrijdingssysteem	Een brandbestrijdingssysteem waarbij zowel de detectie als de activatie automatisch, zonder tussenkomst van personen, gebeurt.
Brandcompartiment	De kleinste ruimte waarbinnen de brand, door de aanwezigheid van brandwerende materialen, gedurende een gedefinieerde tijd kan worden geïsoleerd.

Hoofdstuk 10: Stukgoederen

De volgende tabel geeft een overzicht van de faalfrequenties voor stukgoedopslag en -behandeling in een onderneming. Indien meerdere stukgoederen op een pallet mogelijk zijn, dienen beide faalwijzen voor stukgoedbehandeling meegenomen te worden.

Tabel 11: Faalfrequenties voor stukgoedopslag en -behandeling

Faalwijze	Faalfrequentie	
	Stukgoedopslag [/stukgoedjaar]	Stukgoedbehandeling [/stukgoedbehandeling]
Eén stukgoed faalt	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Alle stukgoederen op een pallet falen	-	$2,5 \cdot 10^{-6}$

Met betrekking tot containers die afzonderlijke stukgoederen bevatten, dienen de faalfrequenties toegepast te worden op alle stukgoederen in de beschouwde container. De container op zich wordt niet beschouwd als een stukgoed.

Definities

Stukgoed	Verplaatsbaar recipiënt met een inhoud van niet meer dan 3 m ³ en geschikt voor de opslag van vloeistoffen of vaste stoffen.
Stukgoedbehandeling	Elke handeling om stukgoederen te verplaatsen. Het laden of lossen van een pallet met stukgoederen of van een afzonderlijk stukgoed wordt beschouwd als één stukgoedbehandeling.

Hoofdstuk 11: Gevolgbeperkende maatregelen

Indien actieve gevolgbeperkende maatregelen in rekening worden gebracht in de kwantitatieve risicoanalyse, dient ook steeds het scenario beschouwd te worden dat uitgaat van het falen van deze maatregelen.

Richtwaarden voor de kans op falen en voor de reactietijd van enkele gevolgbeperkende maatregelen zijn samengebracht in Tabel 12. Voor de kwantitatieve risicoanalyse wordt evenwel bij voorkeur uitgegaan van de feitelijke situatie. De algemene procedure uit paragraaf 11.5 kan daarbij toegepast worden om de faalkansen en reactietijd te bepalen.

Er dient tevens rekening mee gehouden te worden dat de effectiviteit van een gevolgbeperkende maatregel afhankelijk kan zijn van het vrijzettingsscenario. Kleine lekken kunnen vaak moeilijk of niet gedetecteerd worden binnen een redelijke tijdsperiode, wat de effectiviteit van bv. een inbloksysteem teniet kan doen (althans in het kader van de veiligheidsrapportage).

Tabel 12: Faalkansen en reactietijden gevolgbeperkende maatregelen

Systeem		Faalkans per aanspraak	Reactietijd (sec)
Inbloksysteem	Automatisch	0,1 - 0,001	120
	Semi-automatisch	0,1 - 0,01	600
Doorstroom-begrenzer	Uitstroomdebiet \leq instelwaarde	1	5
	Instelwaarde $<$ uitstroomdebiet $\leq 1,2 \times$ instelwaarde	0,12	
	Uitstroomdebiet $> 1,2 \times$ instelwaarde	0,06	
Terugslagklep	Regelmatig getest	0,06	5
Ingrijpen operator bij verladen	Voorwaarden, zie paragraaf 11.4	0,1	120

Bij de modellering dient tevens rekening gehouden te worden met de hoeveelheid product die zich in de pijpleidingen en installatieonderdelen bevindt en na het sluiten van de kleppen nog kan vrijkomen.

Indien meerdere actieve gevolgbeperkende maatregelen aanwezig zijn, moet de kans op het falen van het gezamenlijke systeem bepaald worden. De nodige aandacht moet daarbij besteed worden aan het mogelijke optreden van “common cause failures”.

Passieve gevolgbeperkende maatregelen zijn maatregelen die al aanwezig zijn vooraleer de vrijzetting plaatsvindt. Typische passieve maatregelen zijn constructies zoals

inkuipingen, bunkers, brandmuren. Voor de kwantitatieve risicoanalyse wordt aangenomen dat deze maatregelen niet falen en dat de reactietijd 0 sec bedraagt.

11.1. INBLOKSYSTEMEN

Voor het meenemen van de werking van een inbloksysteem in de risicoanalyse moet voldaan worden aan de volgende voorwaarden:

- Er moet een automatisch detectiesysteem aanwezig zijn, dat leidt tot een signalering in de controlekamer dan wel automatische aansturing van de inlokafsluiters. Een voorbeeld hiervan is een gasdetectiesysteem met monitors van voldoende gevoeligheid en voldoende detectiepunten. Bij signalering in de controlekamer dient deze continu bemand te zijn.
- Het detectiesysteem en de afsluitkleppen moeten regelmatig getest worden.

Voor een kwantitatieve risicoanalyse wordt bij voorkeur uitgegaan van de feitelijke situatie (of van de geplande situatie bij nieuwe installaties). De bepaling van de faalkans kan gebeuren in overeenstemming met internationaal erkende normen [IEC1], [IEC2].

In een eerste benadering kunnen volgende richtwaarden voor de faalkans van een volledig automatisch systeem gehanteerd worden:

- Enkelvoudig systeem: 0,1;
- Redundant systeem (meervoudig systeem): 0,01;
- Diversitair redundant systeem (meervoudig systeem gebruik makend van verschillende fysische of technische uitvoeringen): 0,001.

Indien geen specifieke informatie beschikbaar is, dient de bovengrens van het opgegeven bereik gebruikt te worden.

Definities

Inbloksysteem	Repressiesysteem om (een deel van) een installatie te isoleren om (verdere) uitstroming te voorkomen. Een inbloksysteem bestaat uit een detectiesysteem, bijvoorbeeld gasdetectie, in combinatie met afsluitkleppen.
Automatisch inbloksysteem	Systeem waarbij de detectie van het lek en het sluiten van de inlokafsluiters automatisch plaatsvindt. Actie van een operator is niet nodig.
Semi-automatisch inbloksysteem	Systeem waarbij de detectie van het lek automatisch plaatsvindt en leidt tot een alarmsignaal op een continu bemande controleplaats. Na validatie van het signaal sluit de operator de inlokafsluiters met behulp van een schakelaar op de controleplaats. De operator is opgeleid in de noodprocedure en oefent deze regelmatig in.

11.2. DOORSTROOMBEGRENZER

De werking van de doorstroombegrenzer is afhankelijk van de verhouding tussen het berekende uitstroomdebiet en de instelwaarde van de doorstroombegrenzer.

Definities

Doorstroombegrenzer Klep die via een ingebouwd mechanisme automatisch sluit wanneer het debiet een ingestelde waarde overschrijdt.

11.3. TERUGSLAGKLEP

Een terugslagklep is in het algemeen weinig betrouwbaar. Indien deze niet regelmatig getest wordt, wordt de terugslagklep niet meegenomen in een kwantitatieve risicoanalyse.

Definities

Terugslagklep Klep die via een ingebouwd mechanisme automatisch sluit wanneer de richting van het debiet tegengesteld is aan de ingestelde richting.

11.4. INGRIJPEN DOOR OPERATORS BIJ VERLADEN

Bij verlading is vaak een operator ter plaatse aanwezig die toezicht houdt op het proces en met behulp van een noodstopvoorziening een afsluiter kan bedienen. Het ingrijpen van een operator bij de verlading kan worden meegenomen in de kwantitatieve risicoanalyse, mits voldaan wordt aan de volgende voorwaarden:

1. De ter plaatse aanwezige operator heeft van het begin tot en met het einde van de verlading zicht op de verlading en de laad-/loslang of -arm. In het bijzonder zit de operator tijdens de verlading niet in de cabine van de tankwagen of binnen in een gebouw.
2. Het ter plaatse aanwezig zijn van de operator wordt geborgd door een voorziening zoals een dodemansknop of door een procedure in het veiligheidsbeheerssysteem en wordt tijdens inspecties gecontroleerd.
3. Het inschakelen van de noodstopvoorziening door de aanwezige operator in het geval van een lekkage tijdens de verlading is vastgelegd in een procedure.
4. De ter plaatse aanwezige operator is voldoende opgeleid en is tevens bekend met de geldende procedures.
5. De noodstopvoorziening is volgens geldende normen gepositioneerd, zodanig dat er in korte tijd ongeacht de uitstroomrichting een noodknop bediend kan worden.

11.5. OVERIGE GEVOLGBEPERKENDE MAATREGELEN

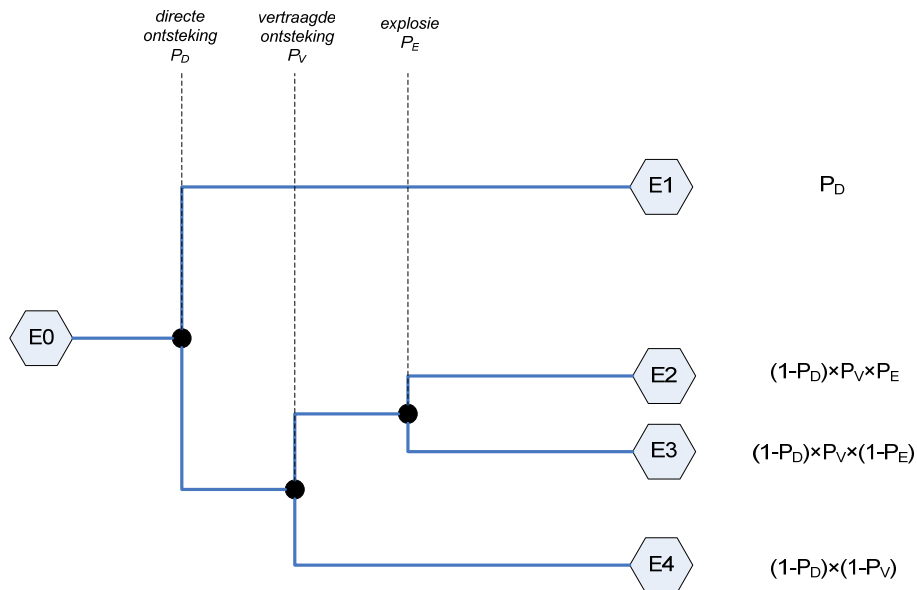
Verschillende andere gevolgbeperkende maatregelen kunnen zijn aangebracht om de gevolgen van een ongewenste vrijzetting zoveel mogelijk te beperken. Deze kunnen in de kwantitatieve risicoanalyse gewaardeerd worden op voorwaarde dat de effectiviteit van het systeem wordt aangetoond met bijvoorbeeld testen.

Opname van het effect van een gevolgbeperkende maatregel in de kwantitatieve risicoanalyse gebeurt als volgt:

1. Bepaal de reactietijd van het systeem, t_{react} .
2. Bepaal de effectiviteit van het systeem.
3. Stel de bronterm voor de tijdsperiode 0 tot t_{react} gelijk aan de bronterm zonder gebruik van de gevolgbeperkende maatregel.
4. Corrigeer de bronterm in de tijdsperiode volgend op t_{react} voor de effectiviteit van de gevolgbeperkende maatregel.
5. Verdisconteer de kans van falen op aanspraak van de gevolgbeperkende maatregel. Deze kans moet berekend worden met methodes als een foutenboomanalyse of een code van goede praktijk (bv. IEC1, IEC2). Een standaard waarde is 0,1 per aanspraak.

Hoofdstuk 12: Vervolggebeurtenissen

De generieke gebeurtenissenboom wordt weergegeven in Figuur 2. Hierin worden de mogelijke effecten die kunnen optreden bij vrijzetting van een stof weergegeven. Hier wordt echter geen uitspraak gedaan over de relevantie van de effecten. Op te merken valt dat de gebeurtenissenboom tevens geen rekening houdt met gevolgbeperkende maatregelen.



Figuur 2: Gebeurtenissenboom

De gevaarlijke fenomenen die te beschouwen zijn, zijn voor de verschillende productgroepen weergegeven in Tabel 13 voor breuk en in Tabel 14 voor lekkage en 10 minuten uitstroom.

Tabel 13: Gevaarlijke fenomenen voor breuk

Effect	Niet-brandbare stoffen	Groep 0	Groep 1	Groep 2 en 3
E0	Fysische explosie	Fysische explosie*	Fysische explosie	Fysische explosie
E1	-	Vuurbal (onder druk)* Plasbrand (drukloos)	Plasbrand	Plasbrand
E2	-	Gaswolkexplosie Plasbrand	Gaswolkexplosie Plasbrand	-
E3	-	Wolkbrand Plasbrand	Wolkbrand Plasbrand	Wolkbrand Plasbrand
E4	Toxische gaswolk	Toxische gaswolk	Toxische gaswolk	Toxische gaswolk

* Voor bovengrondse tanks wordt voor de modellering in principe uitgegaan van een warme BLEVE en voor ondergrondse tanks wordt uitgegaan van een koude BLEVE.

Tabel 14: Gevaarlijke fenomenen voor lekken en volledige uitstroom in 10 min.

Effect	Niet-brandbare stoffen	Groep 0	Groep 1	Groep 2 en 3
E0	-	-	-	-
E1	-	Fakkelfbrand Plasbrand	Plasbrand	Plasbrand
E2	-	Gaswolkexplosie Fakkelfbrand Plasbrand	Gaswolkexplosie Plasbrand	-
E3	-	Wolkbrand Fakkelfbrand Plasbrand	Wolkbrand Plasbrand	Wolkbrand Plasbrand
E4	Toxische gaswolk	Toxische gaswolk	Toxische gaswolk	Toxische gaswolk

De generieke faalkansen voor directe en vertraagde ontsteking voor de verschillende productgroepen worden in Tabel 15 weergegeven. Tevens wordt hierin de kans op explosie weergegeven.

Tabel 15: Kansen voor directe en vertraagde ontsteking en de kans op explosie

Bronterm		P _D , P _V of P _E	Kans				
Continu [kg/s]	Instantaan [kg]		Groep 0		Groep 1	Groep 2	Groep 3
			Gemiddelde/ hoge reactiviteit	Lage reactiviteit			
< 10	< 1.000	P _D	0,2	0,02	0,065	0,02	0,006
		P _V	0,06	0,02	0,07	-	-
		P _E	0,2	0,2	0,2	-	-
10 - 100	1.000 - 10.000	P _D	0,5	0,04	0,065	0,02	0,006
		P _V	0,2	0,04	0,07	-	-
		P _E	0,3	0,3	0,2	-	-
> 100	> 10.000	P _D	0,7	0,09	0,065	0,02	0,006
		P _V	0,7	0,1	0,07	-	-
		P _E	0,4	0,4	0,2	-	-

P_D = Kans op directe ontsteking

P_V = Kans op vertraagde ontsteking

P_E = Kans op explosie

Voor de bepaling van de vertraagde ontstekingskans P_V en de kans op explosie P_E kan ook gebruik gemaakt worden van alternatieve methodes, die uitgaan van de grootte van de brandbare/explosieve wolk [Prugh] of de aanwezigheid van specifieke ontstekingsbronnen [RIVM].

Standaard moet gerekend worden met de ontstekingskans voor gemiddelde/hoge reactiviteit. Alleen wanneer aangetoond is dat de reactiviteit van de stof laag is, wordt gerekend met de ontstekingskansen voor lage reactiviteit. Brandbare gassen met een lage reactiviteit zijn methaan, methylchloride en ethylchloride [RIVM].

Toxische, brandbare stoffen met een lage reactiviteit (ammoniak, methylbromide en koolmonoxide), worden doorgerekend als puur toxisch.

Definities

BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
Groep 0	Producten die zich bevinden in gasvormige toestand. Het product bevindt zich boven het atmosferisch kookpunt of het atmosferisch kookpunt is lager dan of gelijk aan -25°C .
Groep 1	Producten die zich bevinden op of boven hun vlampunt, maar beneden het atmosferisch kookpunt. Vb. P1-vloeistoffen
Groep 2	Producten die zich bevinden op een temperatuur die minder dan 35°C onder het vlampunt ligt. Vb. P2-vloeistoffen
Groep 3	Producten die zich bevinden op een temperatuur die 35°C of meer onder het vlampunt ligt. Vb. P3- en P4-vloeistoffen

Hoofdstuk 13: Referenties

[AI2009], Achtergrondinformatie, bijlage bij Handboek Faalfrequenties 2009 voor het opstellen van een veiligheidsrapport, LNE, dienst Veiligheidsrapportering, 2009

[HBKC1994], Handboek Kanscijfers ten behoeve van het opstellen van een veiligheidsrapport, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, LIN, AMINAL, dienst Gevaarlijke Stoffen en Risicobeheer, 1994

[HBKC2004], Handboek Kanscijfers voor het opstellen van een veiligheidsrapport, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, LIN, AMINAL, Cel veiligheidsrapportering, 2004

[IEC1], IEC 61508: Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

[IEC2], IEC 61511: Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector

[Prugh], Prugh, R,W, Evaluation of unconfined vapor cloud explosion hazards, Proc. International Conference Vapor Cloud Modelling, AIChE, NY, 1988

[RIVM], RIVM/CEV, Handleiding Risicoberekeningen BEVI, versie 3.0, 1 januari 2008

[SGS], SGS, TWOL-project “Actualisatie van de faalfrequenties in risicoberekeningen in Sevesobedrijven”, eindrapport, juli 2007

Colofon

Samenstelling

Vlaamse overheid
Departement Leefmilieu, Natuur en Energie
Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid
Dienst Veiligheidsrapportering
Graaf de Ferrarisgebouw
Koning Albert II-laan 20
1000 Brussel

Verantwoordelijke uitgever

J.-P. Heirman, secretaris-generaal
Departement Leefmilieu, Natuur en Energie

Depotnummer

D/2009/3241/161

Uitgave

Mei 2009

