



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

Protocol aanpassing reken- methodieken Externe Veiligheid

RIVM rapport 620550009/2012

DORA 11-04

L. Gooijer | G.M.H. Laheij | A.G. Wolting



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

Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid

RIVM Rapport 620550009/2012
DORA 11-04

Colofon

© RIVM 2012

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

L. Gooijer
G.M.H. Laheij
A.G. Wolting

Contact:
L. Gooijer
Centrum Externe Veiligheid
leendert.gooijer@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), in het kader van Modelbeheer Externe Veiligheid

Rapport in het kort

Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid

Om de risico's te bepalen van activiteiten met gevaarlijke stoffen zijn in Nederland wettelijk bepaalde rekenmethodieken voorgeschreven. Als zich nieuwe inhoudelijke inzichten voordoen die de resultaten beïnvloeden, is het van belang deze in de rekenmethodieken te verwerken. Om de aanpassingen op een duidelijke en structurele wijze in de methodiek te kunnen verwerken heeft het RIVM met enkele andere partijen een protocol ontwikkeld. Op deze manier is voor de betrokken partijen (beoordelaars, beheerders, enzovoort) vastgelegd wie welke stappen moet doorlopen voor aanpassing van de rekenmethodiek.

Een rekenmethodiek voor de externe veiligheid is uit vier kernpunten opgebouwd: Scenario's en modellering, Faalfrequenties, Maatregelen, en ten slotte Vervolgkansen. Het protocol bevat voor elk kernpunt de procedures om de aanpassingen aan te brengen. Voorbeelden van nieuwe inzichten zijn de situaties waarin een ongeval zich voordoet (ongevalscenario's), hoe groot de kans op een dergelijk ongeval is (faalkans), en welke effecten kunnen optreden.

In het protocol zijn tevens de eisen en randvoorwaarden beschreven die gesteld worden aan de rapportage en onderbouwing van een voorstel om een rekenmethodiek aan te passen. Formele vaststelling van eventuele aanpassingen van de rekenmethodiek gebeurt door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Trefwoorden:

kwantitatieve risicoanalyse, scenario's, faalfrequenties, maatregelen

Abstract

Framework for the adjustment of the quantitative risk assessment methodology

In the Netherlands, the calculation methods to determine the risks of activities with dangerous substances are prescribed in regulation. New insights which will change the calculation results have to be incorporated into the existing methodologies. For the implementation of the structural adjustments, RIVM together with other parties developed an assessment framework together. For the actors involved (authority, manager of the calculation methods, etc) it is clear which steps should be taken to adjust the calculation method.

The third party risk calculation methodology is composed of four key elements: Release scenarios and modeling, Failure frequencies, Measures and Event probabilities. The framework contains the procedure for the adaptation of each key element. Examples of new insights are how an incident develops (release scenario), the frequency of occurrence of such an incident (failure frequency) and the possible consequences.

The framework describes the requirements and conditions imposed on the reporting and foundation of a proposal to adjust a calculation method. The Ministry of Infrastructure and the Environment has to make a formal decision to implement an adjustment of the calculation method.

Keywords:

quantitative risk assessment, scenarios, failure frequencies, measures

Inhoud

Samenvatting—9

1 Inleiding—11

- 1.1 Achtergrond—11
- 1.2 Doelstelling en kader van dit protocol—11
- 1.3 Algemene opzet van het protocol: te volgen stappen—12
- 1.4 Uitgangspunten, randvoorwaarden—13
 - 1.4.1 Uitgangspunten—14
 - 1.4.2 Randvoorwaarden—14
 - 1.4.3 Aanbevelingen—14

2 Protocol Scenario's en Modellerings—15

- 2.1 Procedure—15
- 2.2 Uitgangspunten—15
- 2.3 Type aanpassing—15
- 2.4 Onderbouwing—16

3 Protocol Faalfrequenties—19

- 3.1 Inleiding—19
- 3.2 Procedure afleiding faalfrequentie—19
- 3.3 Statistiek—20
 - 3.3.1 Procedure statistiek—20
 - 3.3.2 Uitgangspunten bij de statistiek—20
 - 3.3.3 Randvoorwaarden bij de statistiek—20
 - 3.3.4 Aanbeveling bij de statistiek—21
 - 3.3.5 Incidenten en waarnemingen—21
- 3.4 Analogon—22
 - 3.4.1 Procedure voor gebruik van een analogon—22
 - 3.4.2 Uitgangspunten bij het gebruik van een analogon—22
 - 3.4.3 Randvoorwaarde bij het gebruik van een analogon—23
 - 3.4.4 Aanbevelingen bij het gebruik van een analogon—23
- 3.5 Expert judgement—23
 - 3.5.1 TU Delft-methode—24
 - 3.5.2 Delphi-methode—24
 - 3.5.3 Basisaanpak—24
 - 3.5.4 Uitgangspunten en randvoorwaarden bij expert judgement—25
- 3.6 Afleiding faalfrequentie via statistiek of analogon—25
- 3.7 Verdere diversificatie van de faalfrequentie—25
 - 3.7.1 Uitgangspunt—26
 - 3.7.2 Randvoorwaarden—26

4 Protocol Maatregelen—27

- 4.1 Procedure—27
- 4.2 Uitgangspunten—27
- 4.3 Randvoorwaarden—28
- 4.4 Bepaling effectiviteit 'preventieve maatregelen'—28
- 4.5 Bepaling effectiviteit 'mitigerende maatregelen'—30

5 Protocol Vervolgkansen/-gebeurtenissen—31

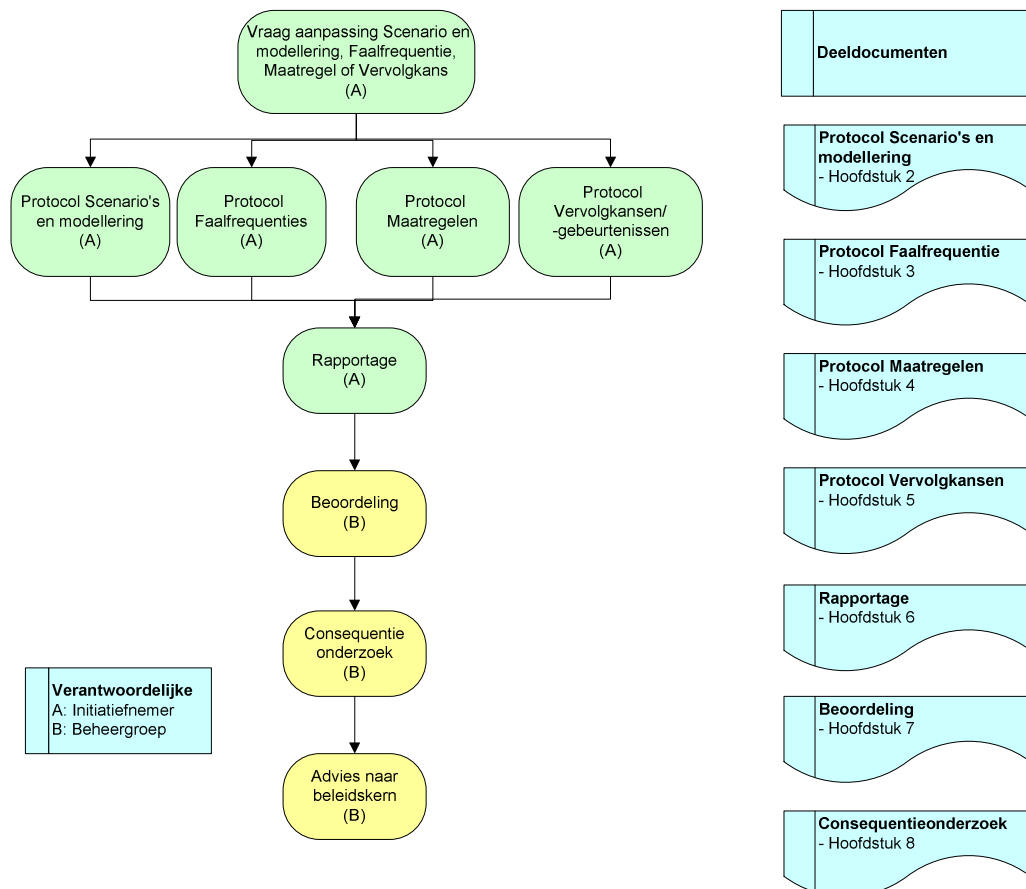
- 5.1 Procedure—31
- 5.2 Uitgangspunten—31

5.3	Randvoorwaarden—31
6	Rapportage—33
6.1	Uitgangspunten bij de rapportage—33
6.2	Randvoorwaarden bij de rapportage—33
7	Inhoudelijke beoordeling—35
7.1	Uitgangspunten bij de beoordeling—35
7.2	Randvoorwaarden bij de beoordeling—35
8	Consequentieonderzoek—37
8.1	Uitgangspunten bij het consequentieonderzoek—37
8.2	Randvoorwaarde bij het consequentieonderzoek—37
9	Referenties—39
Bijlage 1	Definities—41
Bijlage 2	Toelichting bij gevolgen keuze voor een statistische benadering—51
Bijlage 3	Beschrijving van de Binominale verdeling en de Poisson- verdeling in Excel en in wiskundige formules—53
Bijlage 4	Omschrijving 'Stand der Techniek'—55
Bijlage 5	Achtergrond bij de ontwikkeling van het protocol—57
Bijlage 6	Achtergrond Protocol Scenario's en Modelling—61
Bijlage 7	Achtergrond Protocol Faalfrequenties—65
Bijlage 8	Achtergrond bij Protocol Maatregelen—69
Bijlage 9	Achtergrond bij Protocol Vervolgkansen/-gebeurtenissen—71
Bijlage 10	Voorbeeld: Casus Modelling Overtopping—73
Bijlage 11	Voorbeeld: Casus Modelling Boil-over—75
Bijlage 12	Voorbeeld: Casus Faalfrequencies Spoor—79
Bijlage 13	Voorbeeld: Casus Analogon voor bovengrondse leidingen—81
Bijlage 14	Bijvangst en aanbevelingen—83

Samenvatting

Voor het bepalen van de externe veiligheidsrisico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen zijn in Nederland rekenmethodieken voorgeschreven. De rekenmethodieken worden gebruikt voor de ruimtelijke inpassing van activiteiten met gevaarlijke stoffen. Er kunnen redenen zijn om nieuwe inzichten te verdisconteren in de bestaande rekenmethodieken, zowel in de scenario's en modellering als in de faalfrequenties en vervolgsansen. Dit kan leiden tot structurele aanpassingen in de rekenmethodieken.

Voor de doorvoering van structurele aanpassingen is geen eenduidig afwegingskader beschikbaar binnen het Modelbeheer Externe Veiligheid. Dat is de reden voor de ontwikkeling van het protocol 'Aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid'. In het voorliggende protocol worden de onderdelen beschreven die bij inhoudelijke aanpassingen van een rekenmethodiek aan de orde komen. Het protocol bevat procedures voor aanpassingen binnen de vier kernpunten van een rekenmethodiek: (i) Scenario's en modellering, (ii) Faalfrequenties, (iii) Maatregelen en (iv) Vervolgsansen. Daarnaast wordt ingegaan op de rapportage, de beoordeling en het consequentieonderzoek van een voorstel tot aanpassing. Onderstaande figuur geeft een samenvatting van de te volgen procedure voor behandeling van een aanpassing in een rekenmethodiek.



Figuur 1 Algemene procedure aanpassing rekenmethodieken risicoanalyse

De twee partijen die in de procedure een rol spelen zijn de initiatiefnemer (aangeduid met A) en de beheergroep (aangeduid met B). In het schema zijn ook de deeldocumenten vermeld, die bij het doorlopen van het protocol gevolgd of opgesteld moeten worden. Het protocol geeft inhoudelijke richtlijnen en aanwijzingen om een voorstel tot aanpassing te onderbouwen en te beoordelen. Criteria voor de onderbouwing van een voorstel tot aanpassing zijn transparantie, verificatie, robuustheid en validiteit.

Dit protocol zal door de Beheergroep Rekenmodellen, bestaande uit het RIVM en Rijkswaterstaat, worden gebruikt bij de inhoudelijke beoordeling van voorstellen tot aanpassingen van een rekenmethodiek.

Het protocol is ontwikkeld in opdracht van ministerie Infrastructuur en Milieu (IenM), door een technische werkgroep bestaande uit leden van het deskundigenoverleg risicoanalyse (DORA):

- Gerald Laheij, Bert Wolting, Leendert Gooijer (RIVM)
- Koos Ham, Ingrid Raben (TNO)
- Luc Vijgen (DCMR)
- Manon Kruiskamp, Jan van der Sluis (Rijkswaterstaat)
- Marc Dröge (N.V. Nederlandse Gasunie)
- Peter Winkelman (DHV).

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Risicoberekeningen voor externe veiligheid zijn gebonden aan voorgeschreven rekenmethodieken. De rekenmethodieken worden gebruikt voor de ruimtelijke inpassing van activiteiten met gevaarlijke stoffen. Er kunnen diverse redenen zijn om nieuwe inzichten te verdisconteren in de bestaande rekenmethodieken, zowel in de scenario's en effecten als in faalfrequenties en vervolgcansen. Dit kan leiden tot structurele aanpassingen in de rekenmethodieken.

Voor de doorvoering van structurele aanpassingen is geen eenduidig afwegingskader beschikbaar binnen het Modelbeheer Externe Veiligheid. In het voorliggende protocol worden onderdelen beschreven die bij het aanpassen van een rekenmethodiek aan de orde komen. Het gaat hierbij expliciet om inhoudelijke aanpassingen in de rekenmethodieken die voorgesteld worden. De verdere invoering hiervan vindt plaats door de relevante departementale beleidskern en valt buiten de reikwijdte van dit protocol.

Het protocol bevat procedures voor aanpassingen binnen de vier kernpunten van een rekenmethodiek: (i) Scenario's en modellering, (ii) Faalfrequenties, (iii) Maatregelen en (iv) Vervolgkansen (hoofdstukken 2 t/m 5). Daarnaast wordt in dit protocol ingegaan op de rapportage, de beoordeling en het consequentieonderzoek van een voorstel tot aanpassing (hoofdstukken 6 t/m 8).

De bijlagen van dit protocol bevatten de gehanteerde definities (Bijlage 1), achtergronden van de verschillende protocollen (Bijlagen 2 t/m 9) en enkele casussen die zijn opgesteld om de werking van het protocol te testen (Bijlagen 10 t/m 13). In Bijlage 14 zijn ten slotte de resultaten en aanbevelingen die tijdens de ontwikkeling van het protocol naar voren zijn gekomen opgeschreven.

Het protocol is ontwikkeld in opdracht van het ministerie Infrastructuur en Milieu (IenM), door een technische werkgroep bestaande uit leden van het deskundigenoverleg risicoanalyse (DORA):

- Gerald Laheij, Bert Wolting, Leendert Gooijer (RIVM)
- Koos Ham, Ingrid Raben (TNO)
- Luc Vijgen (DCMR)
- Manon Kruiskamp, Jan van der Sluis (Rijkswaterstaat)
- Marc Dröge (N.V. Nederlandse Gasunie)
- Peter Winkelman (DHV).

1.2 Doelstelling en kader van dit protocol

De belangrijkste doelstelling van dit protocol is het geven van inhoudelijke richtlijnen en aanwijzingen om een voorstel tot aanpassing te onderbouwen en te beoordelen, en het stroomlijnen van de wijze waarop aanpassingen in de verschillende rekenmethodieken worden gerealiseerd. Daarnaast beoogt het protocol de transparantie en documentering van (de ontwikkelingen in) het rekeninstrumentarium te waarborgen.

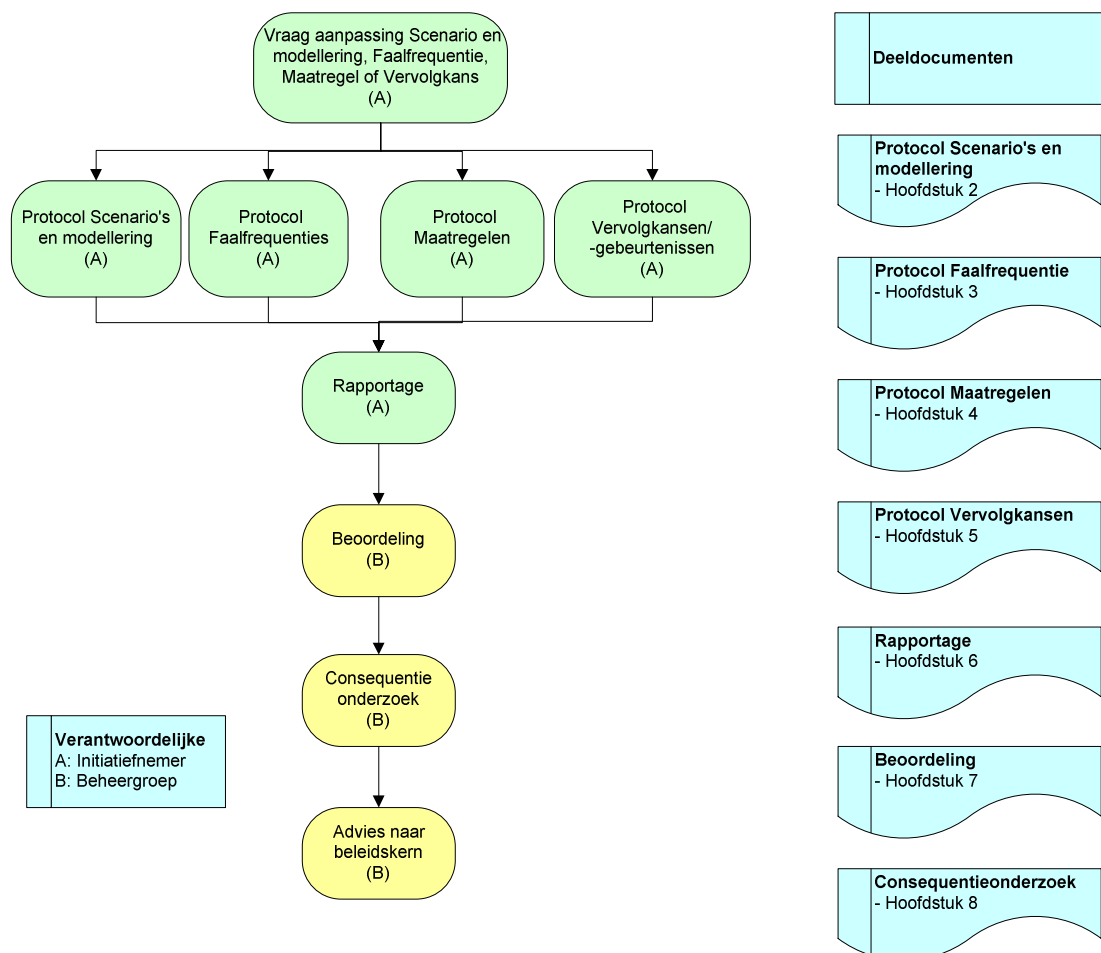
Dit protocol zal door de Beheergroep Rekenmodellen worden gebruikt bij de inhoudelijke beoordeling van voorstellen tot aanpassingen van een rekenmethodiek.

Het protocol is bedoeld voor alle rekenmethodieken die onder Modelbeheer vallen, dus voor inrichtingen, transport en buisleidingen. Hierbij worden de volgende opmerkingen geplaatst:

- Het protocol is leidend, maar het kan gebeuren dat het protocol voor een bepaalde casus aantoonbaar niet (volledig) voldoet en dat een afwijking van het protocol gerechtvaardigd is. Indien wordt afgeweken van het protocol moeten de overwegingen voor deze afwijking worden beschreven.
- Dit protocol is geschreven voor de onderbouwing en beoordeling van (wijzigingen in) de algemene rekenvoorschriften. Voor afwijking van de voorschriften in een (inrichtings-)specifieke situatie bestaat al een procedure voor het proces [1]. Het protocol kan bij de invulling van een afwijking van de voorschriften in een specifieke situatie behulpzaam zijn.
- Het protocol is naast voor aanpassingen in de voorgeschreven documenten ook van toepassing op inhoudelijke wijzigingen die in de voorgeschreven softwareprogramma's worden voorgesteld c.q. aangebracht.
- In enkele rekenmethodieken worden ook externe invloeden (bijvoorbeeld windturbines) meegenomen. De methodieken (faalfrequenties en scenario's) die daarvoor worden gebruikt vallen voorsnog niet onder modelbeheer. Voor wijziging van die methodieken en de beoordeling van die wijziging wordt aanbevolen dit protocol waar mogelijk toch te volgen.
- Voor het evalueren van en het adviseren over toxische probits is reeds de Toetsgroep Probitrelaties in functie, waarvoor ook de criteria voor transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit gelden [2].

1.3 Algemene opzet van het protocol: te volgen stappen

In figuur 2 zijn verticaal de stappen van de te volgen procedure voor behandeling van een aanpassing in een rekenmethodiek beschreven, met voor iedere stap de verantwoordelijke voor het nemen van de stap. De twee belangrijkste partijen die in de procedure een rol spelen zijn de initiatiefnemer (aangeduid met A in het stroomschema) en de beheergroep (aangeduid met B). In het schema worden ook de deeldocumenten vermeld, met bijbehorende eisen daaraan, die bij het doorlopen van het protocol opgesteld moeten worden. Afhankelijk van de situatie wordt door de initiatiefnemer een of meerdere van de protocollen (1. Scenario's en modellering; 2. Faalfrequenties; 3. Maatregelen; en 4. Vervolgkansen) geselecteerd.



Figuur 2 Algemene procedure aanpassing rekenmethodieken risicoanalyse

Toelichting

Het traject begint bij een initiatiefnemer. Deze persoon (of partij) dient een aanpassingsvoorstel in, samen met het doel en onderbouwing van dit voorstel. De procedure kan op enig moment door de initiatiefnemer worden gestopt. Het schema geeft het proces eendimensionaal aan; er lijkt geen sprake te zijn van terugkoppelingen. Dit betekent niet dat er in de procedure geen contact mag zijn tussen de initiatiefnemer, de beheergroep en andere experts. Het is in iedere stap aan de initiatiefnemer toegestaan en juist aan te raden om contact op te nemen met de beheergroep.

Daarnaast zal ook in de fase van de beoordeling door de beheergroep om aanvullende informatie gevraagd kunnen worden. Het gehele proces van indiening, toetsing en besluitvorming rond wijzigingsvoorstellen is in principe openbaar. Dit geldt ook voor de rapportage over het besluitvormingsproces.

1.4 Uitgangspunten, randvoorwaarden

Het protocol kent algemene uitgangspunten die zowel gelden voor de initiatiefnemer als voor de beheergroep rekenmodellen. Ook zijn er randvoorwaarden gesteld waaraan de verantwoordelijke voor de betreffende stap (de initiatiefnemer of de beheergroep) aantoonbaar moet voldoen. Daarnaast kent dit protocol enkele aanbevelingen. Deze hebben geen invloed op de uiteindelijke beoordeling door de beheergroep.

1.4.1 *Uitgangspunten*

Het protocol behandelt alleen de technisch inhoudelijke afleiding van een scenario, faalfrequentie of maatregel. De beleidsmatige keuzes van een voorgestelde aanpassing loopt via de departementale beleidskern. De afweging binnen de beleidskern volgt na indiening van het wijzigingsvoorstel (inclusief consequentieonderzoek) met het bijbehorende advies van de beheergroep en is geen onderdeel van dit protocol.

Het protocol geldt voor zowel de afleiding van nieuwe, als de vervanging van bestaande scenario's, faalfrequenties en maatregelen in de rekenmethodieken die onder het modelbeheer vallen (momenteel inrichtingen, buisleidingen en transport).

Een voorstel dient zodanig te zijn uitgewerkt dat het traject van de rekenmethodiek in stand blijft. Dit betekent dat, wanneer een voorstel op meerdere onderdelen van de rekenmethodiek aangrijpt, dan ook de overige onderdelen in het voorstel dienen te worden beschouwd. Als voorbeeld: bij een wijziging in een Loss of Containment (LoC) event dient ook de daaraan gekoppelde faalfrequentie opnieuw te worden vastgesteld. Hierbij wordt in beginsel steeds het protocol voor het betreffende onderdeel doorlopen.

1.4.2 *Randvoorwaarden*

De randvoorwaarden voor het proces dienen door de verantwoordelijke voor de betreffende stap te worden ingevuld dan wel aangetoond.

- De onderbouwing van voorstellen tot aanpassing in de rekenmethodiek moet transparant, verifieerbaar, robuust en valide te zijn [3]. Deze begrippen zijn gedefinieerd in Bijlage 1 van dit protocol.

1.4.3 *Aanbevelingen*

- Het verdient aanbeveling dat de initiatiefnemer al in een vroeg stadium het (concept)voorstel voorlegt aan de beheergroep. De beheergroep kan dan aangeven of het voorstel kans van slagen heeft in verband met de beleidsmatige uitgangspunten.
- Het verdient aanbeveling dat de initiatiefnemer al in een vroeg stadium de overige `stakeholders' betreft. Dit kan bijvoorbeeld via een begeleidingscommissie.

2 Protocol Scenario's en Modelling

2.1 Procedure

De procedure voor aanpassen van scenario's en modelling is:

1. Beschrijf de voorgestelde aanpassing en de beperkingen van de huidige aanpak.
2. Onderbouw de voorgestelde aanpassing.
3. Beschrijf ook de gevolgen voor de overige LoC's, vervolgebeurtenissen en effectmodellen voor het beschouwde systeem/rekenmethodiek.
4. Bepaal welk type aanpassing het betreft (paragraaf 2.3).
5. Motiveer het belang van de aanpassing, gebruikmakend van de criteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid, validiteit en relevantie (Bijlage 1).

Op deze wijze kan een initiatiefnemer met een onderbouwd voorstel naar de modelbeheergroep. Vervolgens vindt de discussie plaats of en hoe het voorstel verder wordt opgepakt. Als het leidt tot aanpassing van scenario's dient er bijvoorbeeld ook een faalkans te worden afgeleid.

2.2 Uitgangspunten

- De beoordeling van het aanpassingsvoorstel gaat uit van minimaal het adresseren en onderbouwen van de vier criteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit (zie Bijlage 1).
- De aanleidingen voor een aanpassingsvoorstel verschillen waardoor ook de onderbouwing kan verschillen. Het voorstel moet een (wetenschappelijke) kwantitatieve onderbouwing hebben.

2.3 Type aanpassing

Binnen dit protocol wordt onderscheid gemaakt in de navolgende typen voorstellen tot aanpassing:

1. het Loss of Containment (LoC) event;
2. de vervolgebeurtenissen of de condities die de vervolgebeurtenissen bepalen;
3. de effecten/effectmodellen die voor beschrijving van het LoC event of de vervolgebeurtenissen worden gebruikt.

Hieronder is per type een verdere uitwerking opgenomen. In de bijlage staat een toelichting op de typen en zijn voorbeelden opgenomen.

Type 1. Aanpassing LoC event

Van aanpassingen in de voorgeschreven LoC events kan sprake zijn bij:

- a. Het ten onrechte ontbreken van een LoC.
- b. Het vanuit beleidswijziging introduceren van (de oorzaak van) een incident.
- c. Schrappen van een LoC event omdat de frequentie van optreden lager wordt geschat dan het afkapcriterium (10^{-9} /jaar).
- d. Schrappen van een LoC event dat (zelden of) nooit letaal letsel buiten de inrichting geeft en dus voor externe veiligheid niet relevant is. Dit criterium zal voor transport niet haalbaar zijn, omdat het invloedsgebied vrijwel direct buiten de route begint.
- e. Herdefiniëren van de representatieve LoC's, bijvoorbeeld naar aanleiding van nieuwe inzichten in faalfrequenties.

Type 2. Aanpassing vervolgebeurtenissen

Van aanpassingen in de vervolgebeurtenissen (gebeurtenissenbomen) kan sprake zijn bij:

- Nieuw inzicht in het gedrag van een specifieke stof of zijn uitstroming waardoor een ander effectmodel/andere effectmodellen toe te passen is/zijn voor de betreffende stof(categorie). Ook kan een herdefiniëring gewenst zijn van stofcategorieën en van de selectie van de representatieve stof.
- Beter inzicht in de randvoorwaarden van de effectmodellering.
- De meerdere effecten die bij sommige LoC's worden beschouwd vanwege de aard en eigenschappen van de vrijkomende stof.
- Nieuw inzicht in de kans van optreden van vervolgebeurtenissen.

Type 3. Aanpassing effectmodellen

Van aanpassing in effectmodellen kan sprake zijn bij:

- Het beschikbaar zijn van een 'beter' model of het niet adequaat zijn van de rekenmodellen voor fysische effecten en/of het voor de onderhavige situatie passend/gevalideerd model of rekenprogramma.
- Nieuwe inzichten die verbetering of oplossing voor bestaande kennisleemtes bieden. Verschil met de situatie onder a. (beter rekenmodel/pakket beschikbaar) is dat er nu alleen een mathematische beschrijving van het model is, welke nog niet is uitgewerkt.
- Verbeterde letselmodellen voor brand of explosie. Nieuwe inzichten in schade of letsel door warmtestraling of in de berekening van de blootstelling aan hitte of aan fragmenten.
- Nieuwe inzichten in kwantificering van mitigerende maatregelen en bescherming, zoals vluchten of schuilen die een significante invloed hebben op het berekende risico.

2.4 Onderbouwing

Onderstaande tabel geeft voorbeelden van de onderbouwing van een voorstel tot aanpassing.

Tabel 1 Mogelijke onderbouwing voor aanpassingsvoorstellen

Criterium	Onderbouwing	Type aanpassing (= typenr. + uitwerking)
Transparant	Heldere beschrijving van gebeurtenis en gevolgen	1a, 1c
	Onderbouwing dat LoC en/of het effect ervan met bestaande methodiek niet of onvoldoende wordt beschouwd	1a
	Referentie naar casuïstiek, ongeval elders	1a
	Aantonen welke nieuwe risico's ontstaan door nieuwe technologie, eventueel met analogie	1a
	Aantonen dat risico's in huidige methodiek niet of onvoldoende worden beschouwd	1a
	Aantoonbaar nieuw risico van tot nu toe niet beschouwde dreiging, bijvoorbeeld Terrorisme	1b
	Aannemelijk maken dat LoC in praktijk ondenkbaar is, bijvoorbeeld inherent veilig proces; zo mogelijk kwantitatief te onderbouwen dat de faalfrequentie onder het afkapcriterium ligt ($f < 10^{-9}$ /jaar bij inrichtingen)	1c
	Aantonen dat LoC een verwaarloosbaar extern risico veroorzaakt (geen invloedsgedebied)	1c

 criterium	 Onderbouwing	 Type aanpassing (= typenr. + uitwerking)
	Duidelijke beschrijving waarop vervolgebeurtenis betrekking heeft	2a
	Beschrijving van huidige modellering, en aannemelijk maken dat deze niet adequaat is voor beschouwde situatie (scenario)	2a, 3a, 3b
	Onderbouwing van verbetering in voorgestelde model	2a, 3a, 3b
	Onderbouwen dat standaardparameter (structureel) niet passend is voor een berekening en minder realistische resultaten oplevert	2b
	Duidelijke beschrijving van voorgestelde (verdeling van) effecten volgend uit een LoC	2c
 Verifieerbaar	Literatuurbronnen bevestigen LoC: nieuws- en achtergrondmedia, rapportage autoriteiten, incidentonderzoek	1a
	Verwijzing naar risico's van analoge activiteiten of stoffen	1a
	Aantoonbare kennisleemte	1a
	LoC kan vervallen omdat er nog nooit over gerapporteerd is, ondanks veelvuldige toepassing van proces of activiteit	1c
	Aantonen, met berekening, dat LoC een verwaarloosbaar extern risico veroorzaakt (geen invloedsg gebied)	1c
	Aantonen dat voorgesteld model/parameter/vervolgebeurtenis adequaat is, op basis van literatuur, experiment, praktijk	2a, 2b, 2c, 3a, 3b
	Aantonen aan de hand van literatuur, experiment of ervaring dat effectiviteit van een maatregel beter wordt bepaald	3c
	Aannemelijk maken dat voorgestelde (effectiviteit van) maatregel ook op langere termijn gehandhaafd wordt	3c
 Robuust	Incident ook in Nederland denkbaar	1a
	Voorstel is gebaseerd op nieuwe inzichten	1a
	LoC kan door Nederlandse omstandigheden worden uitgesloten	1c
	Aantonen dat door verwaarlozing van niet EV-relevant LoC het totaal risico niet (noemenswaardig) verandert	1c
	Aantonen dat aanpassing in model/parameter/vervolgebeurtenis niet (zeer) gevoelig is voor arbitraire aannames	2a, 2b, 2c
 Valide	LoC is in huidige methodiek niet meegenomen, maar wordt als denkbaar beschouwd	1a, 1b
	LoC is denkbaar (geworden) vanwege kwetsbaarheid door locale omstandigheden of door terroristisch/vandalistisch onheil	1b
	Geldigheid van parametervoorstel aantonen door literatuur, experiment, ervaring	2b
 Relevant	Is in Nederland ook denkbaar: processen en omstandigheden bestaan hier ook	1a
	Aanwijzingen dat nieuwe technologie op afzienbare termijn is te verwachten	1a
	LoC kan dodelijk letsel veroorzaken buiten terreingrens of transportroute	Alle

Criterium	Onderbouwing	Type aanpassing (= typenr. + uitwerking)
	Ongeloofwaardig LoC levert met huidige rekenmethodiek een dominante bijdrage; het risico wordt dus aantoonbaar overschat	1c
	Aantonen verbeterde modellering door berekening effecten (of risico's), door vergelijking resultaten volgens rekenmethodiek en volgens voorstel. Verschil aantonen in omvang van invloedsgebied	2a
	Aantonen passender parameterkeuze door berekening effecten (of risico's), door vergelijking resultaten volgens rekenmethodiek en volgens voorstel. Verschil aantonen in omvang van invloedsgebied	2b

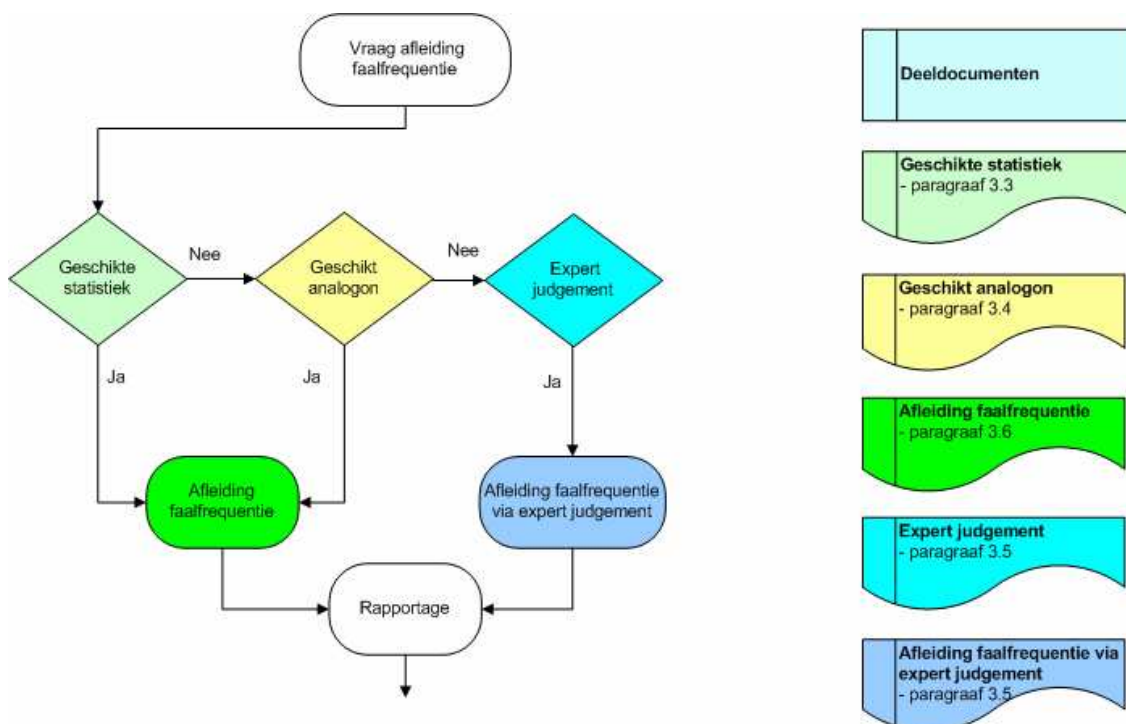
3 Protocol Faalfrequenties

3.1 Inleiding

Dit protocol beschrijft eerst hoe een faalfrequentie of faalkans afgeleid dient te worden (paragrafen 3.2 t/m 3.6). In de praktijk wordt steeds vaker getracht een faalfrequentie verder te detailleren door een diversificatie met verschillende parameters. In paragraaf 3.7 worden uitgangspunten en randvoorwaarden gegeven voor deze verdere detaillering.

3.2 Procedure afleiding faalfrequentie

Figuur 3 geeft de verschillende stappen van de procedure 'faalfrequenties' en de deeldocumenten, met de bijbehorende eisen, die bij het doorlopen van het protocol 'faalfrequenties' opgesteld moeten worden. Zeker in de stap 'expert judgement' is het raadzaam dat de initiatiefnemer vooraf de inhoud van de procedure afstemt met de beheergroep.



Figuur 3 Stroomschema procedure faalfrequenties

3.3 Statistiek

3.3.1 Procedure statistiek

De procedure voor het aanpassen van een faalfrequentie op basis van statistiek is:

1. Verzamel het aantal relevante gebeurtenissen (teller in de faalfrequentie). Zie paragraaf 3.3.5.
2. Verzamel het aantal relevante waarnemingen (noemer in de faalfrequentie). Zie paragraaf 3.3.5. Het gaat specifiek om het aantal ervaringsjaren, kilometerjaren, handelingen, verladingen enzovoort.
3. Leid de faalfrequentie af. Zie paragraaf 3.6.

3.3.2 Uitgangspunten bij de statistiek

- Een algemeen streven is om de dataset van incidenten en waarnemingen zo representatief en groot (vooral het aantal waarnemingen) mogelijk te maken.
- De registratie van de statistiek dient op een geordende wijze te hebben plaatsgevonden en de data (aantal gebeurtenissen en de beschrijving ervan) moet worden bewaard. Hiertoe dienen bedrijven of brancheorganisaties procedures voor het melden van incidenten te hebben opgesteld.
- Minimaal moet over de laatste 30 jaar inzicht worden gegeven in het aantal incidenten en bijbehorende waarnemingen. In paragraaf 3.3.5 wordt gespecificeerd welke data uiteindelijk bij de afleiding van de faalfrequentie gebruikt worden.
- Het uitgangspunt is dat de gebruikte data openbaar zijn. Als het gaat om bedrijfsgevoelige data of als de data vanwege een andere reden niet openbaar gemaakt kunnen worden, moeten de data minimaal toegankelijk zijn voor de beheergroep en voor peer review door een onafhankelijke expert die de beheergroep aandraagt.

3.3.3 Randvoorwaarden bij de statistiek

Door de initiatiefnemer moet minimaal worden uitgewerkt:

- Een beschrijving van de kwaliteit van de brongegevens.
- Zijn de gebruikte of opgeslagen stof of de procescondities van invloed op het falen van het systeem? Als stoffeigenschappen een rol spelen, kunnen de data niet worden gegroepeerd, tenzij hiervoor een goede onderbouwing wordt gegeven.
- Is de wetgeving, standaard of norm op basis waarvan het systeem is ontworpen en onderhouden wordt van belang?
- De benadering is dat eerst branchegericht wordt gekeken waarna data uit Nederland, Europa enzovoort worden bekeken. In de rapportage dienen alle branche en geografische categorieën (zoals Nederland) te worden beschreven tot het niveau waar gestopt wordt. Indien er meerdere categorieën worden meegenomen, dan moet er worden verantwoord waarom dit is gebeurd.
- Bestaan er verschillende uitvoeringen van het systeem die het op voorhand aannemelijk maken om de invloed hiervan te bestuderen?
- Spelen wijzigende condities of omstandigheden, zowel intern als extern, een rol?
- Na het evalueren van het aantal incidenten en waarnemingen moet worden bekeken of de uitgevoerde evaluatie van de randvoorwaarden nog steeds geldig is of dat deze aangepast dient te worden.

3.3.4 *Aanbeveling bij de statistiek*

Indien nog niet aanwezig moet voor het systeemonderdeel een registratiesysteem van incidenten worden opgezet.

3.3.5 *Incidenten en waarnemingen*

Bij het inventariseren van de incidenten en het aantal waarnemingen spelen de actualiteit, representativiteit en volledigheid van de dataset en de periode waarover data geordend worden geregistreerd een rol.

Het uitgangspunt hierbij is een periode van 30 jaar, maar er kunnen redenen zijn om een kortere periode te hanteren. Bij de inventarisatie dient voor de volledigheid een overzicht van de totale beschikbare dataset gegeven te worden.

3.3.5.1 Incidenten

Bij het inventariseren van de incidenten moet worden bekeken of deze nog steeds actueel (kunnen) zijn voor de Nederlandse situatie. Als een gebeurtenis kan worden uitgesloten, moet dat beargumenteerd worden gerapporteerd.

Daarnaast dient aannemelijk te worden gemaakt dat een zo volledig mogelijk beeld van de plaatsgevonden incidenten wordt gegeven. Indien (bekend is dat) de data geen volledig beeld geven, moet een analyse worden gemaakt waaruit blijkt of op basis van de data toch een (nieuwe) faalfrequentie kan worden afgeleid.

Indien de data aantoonbaar niet beschikbaar zijn voor de laatste 30 jaar, moet een korter tijdsbestek worden gekozen.

Indien binnen een branche niet iedereen inzicht geeft (of kan geven), kan het voorstel in beginsel alleen een uitspraak doen over de bedrijven die wel data hebben aangeleverd.

Bij het verzamelen van de relevante incidenten dient naast het representatief zijn van de data voor het systeem ook rekening met de beschrijving van de LoC te worden gehouden. Op basis van de verzamelde statistiek moet worden nagegaan of de representatieve set van LoC's aangepast dan wel uitgebreid moet worden.

3.3.5.2 Waarnemingen

Neem een tijdsperiode die representatief is voor de huidige situatie van het beschouwde systeem. Het uitgangspunt hierbij is een periode van 30 jaar, maar er kunnen redenen zijn om voor een kortere periode te kiezen.

De eenheid van de waarneming moet overeenkomen met de eenheid van de noemer van de faalfrequentie (per jaar, per kilometerjaar, per uur, per verlading).

Bepaal op basis van deze tijdsperiode welke periode daarbinnen representatief is. De te volgen stappen zijn:

1. Geef aan of er redenen zijn waarom een kortere periode dan 30 jaar in de afleiding meegenomen kan worden. Argumenten kunnen zijn de ontwikkeling in de stand der techniek, ontwikkelingen in het (onderdelen) van het systeem of specifiek genomen extra maatregelen.
2. Binnen de gekozen, onderbouwde tijdsperiode onder stap 1 kan een significante trend bestaan. Toon aan of er een significante trend in de data is.
 - a. Stel met behulp van een regressieanalyse de trendparameter p vast.

- b. Als de trendparameter significant van nul afwijkt ($p < 0,05$), kan een meer representatieve periode worden gekozen.

Indien er een significante trend bestaat, is deze in de faalfrequentie te verdisconteren door een meer representatieve periode (kortere periode) te nemen en daar de incidenten en waarnemingen op te baseren.

Als een trendbreuk (discontinuïteit) als gevolg van genomen maatregelen kan worden aangetoond:

- kan de basisfaalfrequentie op basis van de data van voor de trendbreuk worden afgeleid en
- de maatregel (of maatregelen) die de trendbreuk veroorzaakt, wordt gekwantificeerd volgens het Protocol Maatregelen, zie hoofdstuk 4. De afgeleide basisfaalfrequentie wordt dan met de afgeleide factor voor de maatregel gecorrigeerd.

De minimaal mee te nemen periode is de laatste 10 jaar. Alleen als de uitvoering van een systeem snel evolueert en aangetoond kan worden dat deze ontwikkeling van invloed is op de faalfrequentie, mag worden uitgegaan van een kortere waarnemingsperiode (bijvoorbeeld 5 jaar).

3.4 Analogon

3.4.1 Procedure voor gebruik van een analogon

Bij een analogon wordt niet direct gebruikgemaakt van specifieke informatie voor het te onderzoeken systeem(onderdeel) (hierna het analoge systeem), maar wordt de faalfrequentie analoog aan die van een ander (vergelijkbaar) inrichting- of transportonderdeel (hierna het bronsysteem) gesteld.

De procedure voor het gebruik van een analogon is:

- Toon aan dat er geen of te weinig statistiek is voor het te onderzoeken systeem(onderdeel). Zie paragraaf 3.4.2.
- Toon aan dat het bronsysteem representatief is voor het analoge systeem. Zie paragraaf 3.4.3.
- Leid de faalfrequentie van het bronsysteem af. Zie paragraaf 3.6.

Ad 3: Er worden twee soorten van afleiding onderscheiden:

- Wanneer voor het bronsysteem nog geen faalfrequentie is vastgesteld, wordt deze op basis van de beschikbare statistiek voor het bronsysteem afgeleid. Vervolgens wordt de faalfrequentie van het analoge systeem hieraan gelijk gesteld. De eisen die aan de statistiek van het bronsysteem en de afleiding worden gesteld, zijn gelijk aan die voor de statistiek bij een directe afleiding van de faalfrequentie (zie paragraaf 3.3 en 3.6).
- Voor het bronsysteem is al een faalfrequentie vastgesteld. Deze, al vastgestelde, faalfrequentie wordt overgenomen voor het analoge systeem.

3.4.2 Uitgangspunten bij het gebruik van een analogon

Een analogon kan worden toegepast als er aantoonbaar geen incidenten hebben plaatsgevonden. Indien een of meerdere incidenten hebben plaatsgevonden, moet op basis van een Likelihood Ratio Test [4] worden bepaald of een analogon toegepast kan worden.

- Vastgelegde faalfrequenties van bronsystemen (zoals in Handleiding Risicoberekeningen BEVI, PGS3-transport) mogen gebruikt worden, ook als er discussie of onduidelijkheid bestaat over (bijvoorbeeld de herkomst van) de faalfrequenties.
- Als de faalfrequentie van het bronsysteem wordt herzien, moet de faalfrequentie van het analoge systeem opnieuw worden gevalideerd.

- Er mag voor het analogon een nadere analyse op de statistiek voor het bronsysteem bedreven worden door de originele statistiek van het bronsysteem te laten aansluiten bij die van het analoge systeem. Hierbij kan gedacht worden aan het uitsluiten van niet relevante faaloorzaken en het uitsluiten van incidenten van systemen die niet overeenkomen met het analoge systeem. Ook mag de originele statistiek uitgesplitst worden naar aanwezige veiligheidsmaatregelen en dergelijke. Het analoge systeem wordt dus gedefinieerd naar aanleiding van de (deel)statistiek van het bronsysteem. De op die manier verkregen faalfrequentie voor het aangepaste bronsysteem dient 1 op 1 overgenomen te worden voor het analoge systeem. De afgeleide faalfrequentie geldt dan natuurlijk niet voor het volledige bronsysteem, maar alleen voor de uitsnede die is gemaakt.

3.4.3 *Randvoorwaarde bij het gebruik van een analogon*

Het bronsysteem moet representatief zijn voor het analoge systeem. Door de initiatiefnemer dient minimaal vergelijkbaarheid op de volgende punten te worden aangetoond:

1. De functie van het analoge systeem is vergelijkbaar.
2. De uitvoering van het analoge systeem is vergelijkbaar (bijvoorbeeld wanddikte, materiaal).
3. Het onderhoud- en inspectieregime van het analoge en het bronsysteem zijn vergelijkbaar.
4. De proces- en/of opslagcondities zijn vergelijkbaar.
5. De intensiteit van het gebruik van het bronsysteem moet minimaal vergelijkbaar zijn met die van het analoge systeem.
6. De faaloorzaken van het analoge systeem zijn vergelijkbaar met die van het bronsysteem. Hier zal niet altijd aan voldaan kunnen worden. Voor het analoge systeem zal mogelijk in de 'statistiek' al zijn geconcludeerd dat hier geen informatie over beschikbaar is, mogelijk ontbreken ook de data voor het bronsysteem.

Indien meer dan één analogon toegepast kan worden, prevaleert randvoorwaarde 1 over 2 enzovoort.

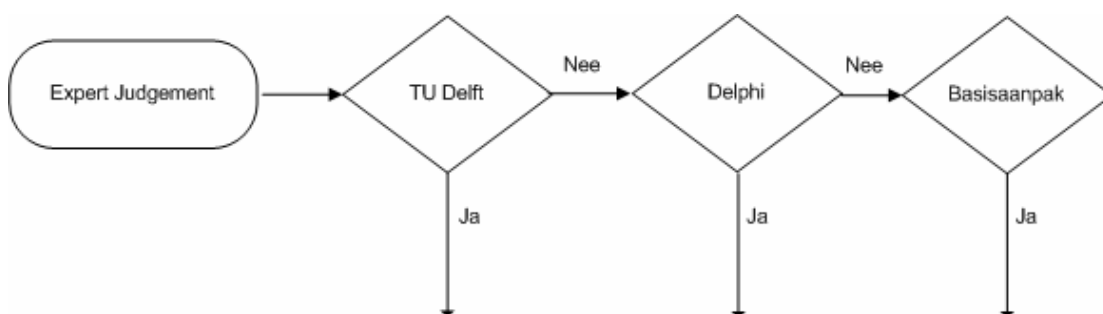
Daarnaast dienen voor het analoge systeem en het bronsysteem (met name als hiervoor nog een faalfrequentie moet worden afgeleid) ook de randvoorwaarden van paragraaf 3.3.3 te worden geëvalueerd.

3.4.4 *Aanbevelingen bij het gebruik van een analogon*

- Het verdient aanbeveling om periodiek te bezien of een via het analogon afgeleide faalfrequentie nog gebruikt kan worden of dat inmiddels specifieke statistiek beschikbaar is. Dit wordt gedaan door de Beheergroep.

3.5 **Expert judgement**

Als voor de afleiding van een faalfrequentie geen geschikte statistiek of analogon beschikbaar is, kan gebruikgemaakt worden van expert judgement. Het stroomschema voor expert judgement is weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 Stroomschema voor expert judgement

Voordat de huidige basisaanpak (het voor een specifieke kwestie bij elkaar zetten van enkele 'deskundigen') doorlopen mag worden, moeten eerst de TU Delft- en Delphimethoden worden doorlopen.

3.5.1 *TU Delft-methode*

Het betreft een methodiek om een groep experts via een onderling vergelijk te kunnen wegen. De basis hiervan is gelegd door Cooke [5] en wordt ook wel het 'klassieke model' genoemd. Het principe is dat experts eerst worden getoetst met behulp van een set van controlevragen. De hieruit volgende score is een schaalfactor waarmee het antwoord van de experts op vragen over het onbekende wordt gewogen. Hiermee heeft de beslisser een middel in handen om uitspraken van experts te combineren tot een zo objectief mogelijke enkelvoudige (kans)uitspraak. In de meest simpele vorm geeft de expert op een bepaalde vraag drie antwoorden: een waarde van 5, 50 en 95 procent. De toetsers (of beslisser), die het echte antwoord kent, kan hieruit afleiden wat de weegfactor per expert moet zijn. Bij het bepalen hiervan wordt een kalibratie- en een informatiescore gebruikt. De kalibratiescore zegt iets over de kans dat de 'echte' waarneming binnen het 90 procent-kwantielinterval valt en de informatiescore zegt iets over de nauwkeurigheid waarmee de expert zijn uitspraken doet.

Deze methode is al toegepast op tientallen verschillende onderwerpen, waarvan enkele relevant voor externe veiligheid, bijvoorbeeld dispersie en probit relaties [6][7]. In [8] wordt de methode nader toegelicht.

3.5.2 *Delphi-methode*

Een Delphi-studie (genoemd naar het orakel van Delphi) onderzoekt, met een beperkt aantal vragen, de mening van een aantal experts [9][10]. Door de antwoorden van de andere experts (anoniem) terug te koppelen wordt in een aantal rondes geprobeerd tot consensus te komen. Deze methode levert dan ook een puntschatting op. Een nadeel van deze aanpak kan het gebrek aan traceerbaarheid zijn.

3.5.3 *Basisaanpak*

De procedure hiervoor is:

1. heldere documentatie van de voor het onderwerp beschikbare informatie;
2. heldere documentatie van welke deskundigen er op welke gronden voor zijn geraadpleegd;
3. heldere documentatie op basis van welke argumenten een uiteindelijke keuze is gemaakt.

3.5.4 *Uitgangspunten en randvoorwaarden bij expert judgement*

Nadere detaillering van het gebruik van deze methoden, de uitgangspunten en randvoorwaarden voor hun gebruik en toepassing en op welke wijze een faalfrequentie eruit wordt afgeleid, moeten nog worden opgesteld.

De onderstaande punten kunnen als minimale eisen worden beschouwd:

- De procesbegeleider/voorzitter is onafhankelijk.
- Van de betrokken experts wordt de relevante ervaring en expertise beschreven.
- Alle informatie verkregen uit de statistiek en analogonprocedure is beschikbaar.
- De te beantwoorden vraag is SMART (specifiek, meetbaar, acceptabel, realistisch en tijdgebonden) geformuleerd.
- Een eerdere en grotere betrokkenheid van de beheergroep is nodig (vergeleken met statistiek en analogon) vanwege het belang en de omvang van een expert judgement.
- Goede documentatie van uitgangspunten, stappen en aannames.
- Het waarom en de relevantie van de te stellen controlevragen is aannemelijk gemaakt en initiatiefnemer en beheergroep stemmen daarmee in.
- Als geen consensus wordt bereikt dient het waarom hiervan te worden beschreven en een bereik van de faalfrequentie aan te worden gegeven.

3.6 **Afleiding faalfrequentie via statistiek of analogon**

Voor de afleiding van de faalfrequentie wordt een statistische benadering gebruikt.

Afhankelijk van de noemer van de frequentie wordt uitgegaan van een binominale of Poissonverdeling.

- Indien de noemer van de eenheid van de faalfrequentie aftelbaar is (bijvoorbeeld per verlading) wordt uitgegaan van een binominale verdeling.
- Indien de noemer van de eenheid van de faalfrequentie continu is (bijvoorbeeld per jaar) wordt uitgegaan van een Poissonverdeling.

De te gebruiken betrouwbaarheid (percentielwaarde) dient door de penvoerende beleidsdirectie te worden vastgesteld. Bijlage 2 geeft hierover extra informatie. In Bijlage 3 worden de Excelformules gegeven die gebruikt kunnen worden voor het afleiden van de faalfrequenties.

3.7 **Verdere diversificatie van de faalfrequentie**

Nadat een 'gemiddelde' faalfrequentie volgens de voorschriften uit paragrafen 3.3 t/m 3.6 is afgeleid, kan een verdere diversificatie van het 'gemiddelde' cijfer worden doorgevoerd. Dit kan bijvoorbeeld door de wanddikte en/of diepteligging van een leiding of de snelheid van een goederentrein specifiek als onderscheidende parameter in de faalfrequentie mee te nemen. In deze paragraaf worden de uitgangspunten en randvoorwaarden bij een verdere diversificatie beschreven.

3.7.1 *Uitgangspunt*

- Verdere diversificatie van de faalfrequentie kan alleen worden bereikt indien voor het systeem de onderscheidende parameters beschikbaar en aantoonbaar zijn.

3.7.2 *Randvoorwaarden*

- Indien aan de hand van een of meerdere parameters (bijvoorbeeld wanddikte, druk, snelheid, gebruikt materiaal) de faalfrequentie wordt gediversifieerd, moet aangetoond worden dat er een logische reden (model) is om deze specifieke diversificatie te maken. Dit kan bijvoorbeeld door het uitvoeren van (veld)proeven, metingen of specifieke statistiek. Ook het gemotiveerd uitsluiten van faaloorzaken voor bepaalde uitvoeringen van een systeem kan hierbij een rol spelen. Daarvoor is aantonen van een directe relatie tussen faaloorzaken en afgeleide faalfrequentie vereist.
- Toets of de overall uitkomst voor de totale populatie van een systeem overeenkomt met de volgens dit protocol afgeleide 'gemiddelde' faalfrequentie van een systeem (test of het model voldoet aan de 'wet van behoud van incidenten').
- De eisen die aan de statistiek van een parameter worden gesteld, zijn gelijk aan die voor de statistiek bij een directe afleiding van de faalfrequentie (zie paragraaf 3.3).

4 Protocol Maatregelen

4.1 Procedure

De procedure voor het waarderen van maatregelen is:

1. Toon aan dat de maatregel aanvullend is op de 'Stand der Techniek'.
2. Toon de effectiviteit van de maatregel aan. Voor preventieve maatregelen zie paragraaf 4.4. Voor mitigerende maatregelen zie paragraaf 4.5.
3. Bepaal de faalkans van de maatregel (zie hoofdstuk 3).

4.2 Uitgangspunten

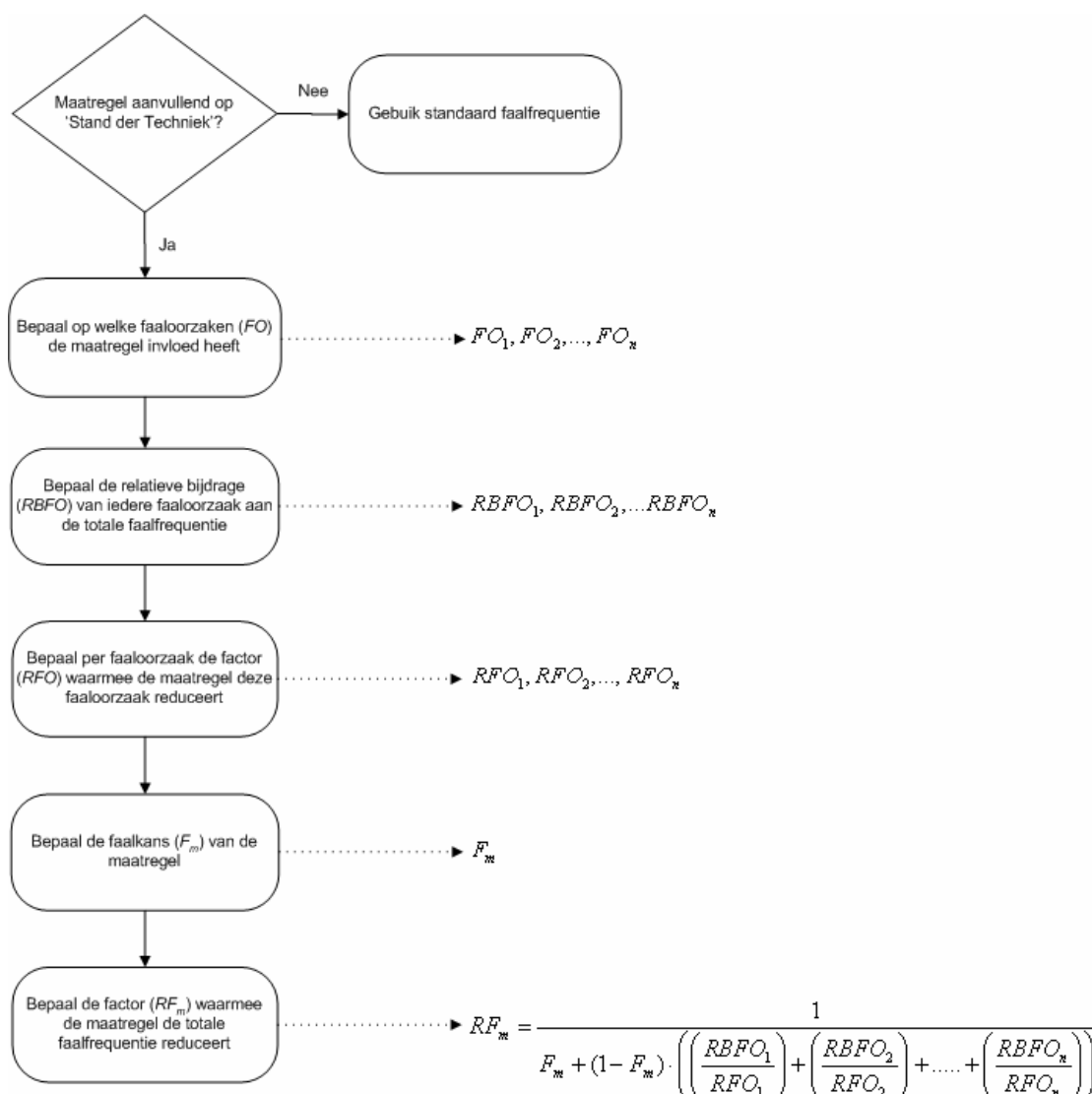
- Toepassingsgebied zijn de maatregelen die nog geen onderdeel uitmaken van een vastgestelde rekenmethodiek. Voor maatregelen die op een standaardwijze in een QRA worden gewaardeerd (bijvoorbeeld een parameter als het verminderen van het aantal verladingen) geldt dit protocol niet.
- De term maatregelen omvat ook voorzieningen.
- 'Stand der Techniek' wordt beschouwd als de meest recente, algemeen aanvaarde milieutechnische inzichten. Voor preventieve maatregelen dient voor het beschouwde systeem beschreven te zijn welke 'Stand der Techniek' (richtlijn, norm enzovoort) op dat moment van toepassing is. Voorbeelden hiervan zijn PGS-15 voor opslagplaatsen van gevaarlijke stoffen, NEN 3650 voor buisleidingen, RID voor spoor, ADR voor weg.
- De Best beschikbare technieken (= BBT) zijn veelal beter dan de 'Stand der Techniek' en per systeem kunnen deze worden gewaardeerd. Bijlage 4 bevat een verdere toelichting hierop.
- Bepaling van de effectiviteit van een maatregel vindt plaats aan de hand van alle, voor het beschouwde systeem, beschikbare informatie en is afhankelijk van de aard van de maatregel (preventief paragraaf 4.4 of mitigerend paragraaf 4.5). Aanbevolen wordt, waar van toepassing, een vergelijking met informatie (faaloorzaken of waardering) uit andere systemen te maken.
- De bepaling van de kans dat een maatregel werkt indien deze wordt aangesproken (= 1 - faalkans) dient minimaal met dezelfde robuustheid te gebeuren als de robuustheid die gehanteerd wordt bij de afleiding van de faalfrequentie (hoofdstuk 3).
- Waardering van een combinatie van maatregelen kan alleen beargumenteerd (bijvoorbeeld vanwege toepassing of synergie-effecten) plaatsvinden. Hierbij moet rekening worden gehouden met eventuele afhankelijkheden tussen de maatregelen.
- Voor waardering van een recent genomen/nog te nemen preventieve maatregel is veelal geen of onvoldoende statistiek beschikbaar. Indien validatie van de maatregel op basis van statistiek op termijn mogelijk is, dan is monitoren van (bijna-)incidenten vereist om de waardering beter te kunnen onderbouwen. Hierbij moet vooraf aannemelijk worden gemaakt dat de maatregel de bijna-incidenten ook echt voorkomt.
- De waardering vindt plaats per afzonderlijke maatregel en nadat de scenario's en faalfrequenties voor het systeem zijn bepaald.

4.3 Randvoorwaarden

- Voor elke maatregel dient, naast de effectiviteit, beschreven te zijn: achtergrond, omschrijving, doel, toepassingsgebied (bijvoorbeeld: is de maatregel ook geldig voor specifieke situaties? Bestaan er verschillende versies of leveranciers van?), operationalisering (wie op welke wijze de maatregel kan invoeren) en andere (mogelijk negatieve) effecten. Voorbeeld van een negatief effect is het fakkelscenario dat kan ontstaan bij het aanbrengen van een veiligheidsklep om een BLEVE tegen te gaan.
- QRA's gaan uit van representatieve scenario's die meerdere uitstroombesnoeiingen kunnen omvatten (zie de definitie in bijlage 1) en bij de waardering van maatregelen moet hiermee rekening worden gehouden.

4.4 Bepaling effectiviteit 'preventieve maatregelen'

De bepaling gaat uit van de standaard faalfrequenties die voor een systeem zijn vastgelegd. Dit betekent dat gekeken wordt naar een relatieve verandering in de faalfrequentie ten gevolge van een maatregel. Als referentiesituatie geldt hierbij de *huidige stand der techniek* en daarom kunnen alleen maatregelen die hier aanvullend op zijn leiden tot een lagere faalfrequentie. Aanname is dus dat de huidige faalfrequenties overeenkomen met de *huidige 'Stand der Techniek'*. Als alternatief voor het waarderen van maatregelen kan een actualisatie van de faalfrequenties worden uitgevoerd en hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 3. De wijze van bepalen van de effectiviteit van maatregelen is opgebouwd uit een aantal verschillende stappen en is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Bepaling effectiviteit 'preventieve maatregelen'

Opmerkingen:

- Een indicatief voorbeeld van de stappen is opgenomen in [11].
- Soms worden bij wet de maatregelen uit een richtlijn of norm tot 'Stand der Techniek' verheven omdat de maatregelen worden gezien als de 'best beschikbare technieken' (zoals aardgasleidingen). In dergelijke situaties is onderscheid te maken in maatregelen die wel en niet in de wet verplicht worden gesteld. Alleen maatregelen die niet verplicht zijn gesteld kunnen dan als aanvullende maatregelen worden gezien en gewaardeerd.
- De bepaling van de reductiefactor kan plaatsvinden op basis van statistiek, experiment en/of berekeningen. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de resultaten van experimenten met een goede onderbouwing en/of berekeningen in combinatie met validaties en statistiek. Daarnaast kunnen analogon of expert judgement conform figuur 3 worden gebruikt. Er moet wel worden nagegaan of de maatregelen die worden gewaardeerd niet al zijn meegenomen in de statistiek die is gebruikt voor de afleiding.
- De faalkans van de maatregel zelf dient te worden vastgesteld aan de hand van statistiek of testgegevens (specifiek of algemeen).

4.5 Bepaling effectiviteit 'mitigerende maatregelen'

Voor de bepaling van de effectiviteit van mitigerende maatregelen in een QRA moeten de volgende stappen worden doorlopen.

Stap 1: Aantonen van het effect van de maatregel

In deze stap dient allereerst aangegeven te worden waar de maatregel op ingrijpt (beperking van de uitstromingsduur – en/of snelheid; beperking van de plasgrootte; beperking van de verdamping; beperking van de verspreiding, enzovoort). Vervolgens dient te worden aangetoond dat een bepaalde reductie gehaald wordt voor een bepaald scenario. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de resultaten van full scale-experimenten of de resultaten van schaaltesten met een goede onderbouwing, CFD-berekeningen in combinatie met validaties en statistiek. Van groot belang hierbij is dat ook wordt aangetoond voor welke omstandigheden (bijvoorbeeld meteocondities) deze reductie geldig is. De experimenten kunnen volledig toegespitst zijn op het betreffende scenario (specifieke experimenten) of er wordt gebruikgemaakt van de resultaten van meer algemene experimenten; daarbij dient aangegeven te worden hoe de reductie die in deze algemene experimenten werd behaald, vertaald kan worden naar een reductie die realistisch is voor de omstandigheden van het betreffende scenario.

Stap 2: Bepalen van de grootte van de invloed van de maatregel op dat deel van de modellering, waarbij rekening wordt gehouden met de tijd die nodig is om de maatregel te activeren

Eerst moet vastgesteld worden of het te hanteren rekenprogramma hiervoor al geschikt is. Indien bijvoorbeeld de maatregel invloed heeft op de verspreiding en het rekenpakket is hiervoor niet geschikt, dient bepaald te worden met welke nieuwe bronterm en vanaf welke locatie de dispersieberekeningen dienen plaats te vinden. Bepaal ook of het nodig is binnen één scenario met 2 uitstromingen te rekenen: de uitstroming in de periode dat de uitstroming nog niet is beperkt omdat de mitigerende maatregel nog niet is geactiveerd en de uitstroming in de periode na activering van de mitigerende maatregel.

Stap 3: Bepalen van de faalkans van de maatregel

Aan de hand van statistiek, specifieke of algemene testgegevens dient te worden vastgesteld wat de faalkans is van de maatregel.

5 Protocol Vervolgkansen/-gebeurtenissen

5.1 Procedure

De procedure voor vervolgekansen en -gebeurtenissen is:

1. Voor vervolgebeurtenissen geldt het Protocol Scenario's en modellering. Zie hiervoor hoofdstuk 2.
2. Voor vervolgekansen geldt het Protocol Faalfrequenties. Zie hiervoor hoofdstuk 3.

5.2 Uitgangspunten

- De vervolgebeurtenissen betreffen de takken van de gebeurtenissenboom (de rechterzijde van de vlinderdas, zie Bijlage 1). Het gaat hierbij om de gevolgen van zaken als wel of geen ontsteking, detectie, alarmering en ingreep enzovoort.
- Vervolgkansen omvatten alle kansen die in de risicoberekening gehanteerd worden na de uitstromingsfrequentie (=LoC). Hierbij gaat het onder meer om ontstekingskansen en de verdeling explosie en gaswolkbrand bij vertraagde ontsteking.
- Ook opsplitsing van een LoC in deelscenario's (zoals Instantaan falen en uitstroming in 10 minuten) valt onder dit protocol.

5.3 Randvoorwaarden

Aanvullend op de protocollen Scenario's en Faalfrequenties gelden als randvoorwaarden:

- Bij een voorstel tot aanpassing van een vervolgekans of gebeurtenis moet de hele gebeurtenissenboom worden beschouwd.
- Een voorstel tot aanpassing van een vervolgekans of gebeurtenis moet ook de afstemming met de vergelijkbare gebeurtenisbomen omvatten. Reden hiervoor is dat de keuzes voor vervolgekansen in een gebeurtenisboom van een specifiek systeem veelal op 'historische gronden' zijn gemaakt. Voorbeelden: bij LPG tankstations ontstaan altijd 'warme BLEVE's', goederenemplacementen wijken af van de overige inrichtingen, SAFETI-NL en RBM II verschillen op enkele kleine punten.
- Elke opsplitsing van kansen moet uiteindelijk weer tot 1 optellen.
- Bij het afleiden van een ontstekingskans dient de invloed van omgevingsfactoren (transport, bebouwing) te worden beschouwd.

6 Rapportage

De rapportage wordt opgesteld door de initiatiefnemer, die de rapportage indient bij de beheergroep, zie paragraaf 1.4.

6.1 Uitgangspunten bij de rapportage

De rapportage dient een openbaar rapport te zijn.

- De beheergroep moet het voorstel op basis van de rapportage zelfstandig kunnen beoordelen
- Het protocol is leidend, maar het kan gebeuren dat het protocol voor een bepaalde casus aantoonbaar niet (volledig) voldoet. Indien wordt afgeweken van het protocol moeten de overwegingen voor deze afwijking worden beschreven.

6.2 Randvoorwaarden bij de rapportage

Door de initiatiefnemer dienen de volgende punten te worden ingevuld/aangetoond:

- Voor de algemene randvoorwaarden en aanbevelingen die gelden voor de rapportage wordt verwezen naar paragraaf 1.4.
- Het rapport dient een concrete beschrijving te bevatten van het systeem(onderdeel) waarvoor een voorstel voor aanpassing van de rekenmethodiek wordt gedaan, inclusief de aanleiding van het aanpassingsvoorstel. De verdere uitwerking hiervan (bijvoorbeeld een aanpassing in een rekenprogramma) is de verantwoordelijkheid van de Beheergroep.
- Bij een voorstel van een nieuwe faalfrequentie of maatregel moet in het rapport worden aangegeven of er ontwikkelingen te verwachten zijn, die van invloed op de faalfrequentie dan wel effectiviteit van een maatregel kunnen zijn.
- Alle deeldocumenten van de stappen die in de procedure zijn gevolgd moeten in de rapportage worden opgenomen.
- Eventueel kan specifieke, door de initiatiefnemer beschikbaar gestelde vertrouwelijke informatie (bijvoorbeeld: statistiek) buiten de rapportage blijven. Dit kan alleen als de Modelbeheergroep wel inzicht krijgt en peer review mogelijk is.
- In de rapportage moeten alle doorlopen stappen volledig worden beschreven. Expliciet dient per stap te worden aangegeven of aan de randvoorwaarden is voldaan.

7 Inhoudelijke beoordeling

7.1 Uitgangspunten bij de beoordeling

- De beheergroep stelt een beoordelingsgroep in. De beoordelingsgroep beoordeelt de rapportage waarin het voorstel tot aanpassing beschreven staat, zie Paragraaf 1.4. De beoordelingsgroep bestaat uit leden van de beheergroep eventueel aangevuld met leden van het DORA of derden op persoonlijke titel en op basis van expertise.
 - Ook voor de beoordelaar geldt het protocol. De beoordelaar mag bij de beoordeling zijn eigen kennis inbrengen. Deze inbreng moet echter op dezelfde wijze en randvoorwaarden als in het protocol worden meegenomen.
 - Het protocol is leidend, echter de initiatiefnemer en/of beoordelaar kunnen voor een bepaalde casus concluderen dat het protocol aantoonbaar niet (volledig) voldoet en dat een afwijking van het protocol gerechtvaardigd is. Indien wordt afgeweken van het protocol moeten in de beoordeling de overwegingen voor deze afwijking worden beschreven.
 - De beoordelingsgroep moet zijn commentaar onderbouwen.
 - De beoordelingsgroep zal bij een negatieve afweging over een voorstel zijn overwegingen hierbij aan de initiatiefnemer overleggen. De initiatiefnemer krijgt hierna de mogelijkheid het rapport aan te vullen.
 - In de beoordeling moet expliciet ingegaan worden op de criteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit (zie Bijlage 1 en [3]).
 - In de beoordeling moet gekeken worden of een voorstel gevolgen heeft voor de gehele systematiek van de kwantitatieve risicoanalysemethodiek.
 - Een beoordeling wordt altijd teruggekoppeld aan DORA.
- Een beoordeling leidt altijd tot een advies aan de departementale beleidskern.

7.2 Randvoorwaarden bij de beoordeling

- Indien een faalfrequentie specifiek wordt gemaakt voor een deel van een systeem (bijvoorbeeld voor de hogedruk-aardgasleidingen of LPG-losslangen) moet in het advies naar de departementale beleidskern een uitspraak worden gedaan of het noodzakelijk is om ook de faalfrequentie voor het overige deel van het systeem (overige leidingen of losslangen) tegen het licht te houden. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als de oorspronkelijk 'gemiddelde' faalfrequentie voor het gehele systeem nog steeds als valide wordt gezien en de nieuw afgeleide faalfrequentie voor het deelsysteem voor een significant deel van het totale systeem geldt.
- In de beoordeling moeten de randvoorwaarden waaronder een nieuwe faalfrequentie of maatregel dient ook ingegaan te worden op de invloed van te verwachten ontwikkelingen, die van invloed op de faalfrequentie dan wel effectiviteit van een maatregel kunnen zijn.

8 Consequentieonderzoek

Wanneer een voorstel tot aanpassing wordt geaccepteerd door de beheergroep, dient de beheergroep een consequentieonderzoek uit te (laten) voeren. Dit consequentieonderzoek maakt deel uit van het advies van de beheergroep aan de departementale beleidskern. Zie verder paragraaf 1.4.

8.1 Uitgangspunten bij het consequentieonderzoek

- Het consequentieonderzoek bevat tenminste de volgende onderdelen:
 1. Een inventarisatie van de 'stakeholders' (inrichtingen, transporteurs) waarvoor de aanpassing relevant is voor de uitkomsten van de QRA.
 2. Een overzicht van de consequenties van de rekenresultaten door de voorgestelde aanpassing. Hierbij worden ten minste de gevolgen voor het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) aangegeven.
 3. Inzicht in het aantal situaties waarbij als gevolg van de aanpassing kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour komen te liggen of juist verdwijnen.
- Wanneer het aantal situaties (inrichtingen of transport) dusdanig groot is dat niet voor alle inrichtingen afzonderlijk een consequentieberekening kan worden uitgevoerd, dient de uitvoerder een onderbouwd voorstel te geven voor de selectie. Dit voorstel wordt besproken en kortgesloten met de begeleidingsgroep van het onderzoek.
- In het rapport van het consequentieonderzoek moet worden ingegaan op de kwaliteit van het consequentieonderzoek. Hierbij dient te worden ingegaan op aspecten als reikwijdte van het onderzoek (zoals de selectie van de casussen, zie vorig punt) en de kwaliteit van de gebruikte gegevens (bijvoorbeeld de kwaliteit van de gebruikte populatie).
- Bij een aanpassing die invloed heeft op meerdere rekenmethodieken, moeten de gevolgen voor al die rekenmethodieken inzichtelijk worden gemaakt.

8.2 Randvoorwaarde bij het consequentieonderzoek

- DORA en andere gremia zoals de gebruikers van SAFETI-NL en RBMII worden geïnformeerd over het consequentieonderzoek en worden gevraagd relevante casussen/informatie aan te dragen
- De beheergroep stelt een begeleidingsgroep (bijvoorbeeld vanuit DORA) samen.

9 Referenties

- [1] CEV, Uijt de Haag P.A.M. Procedure voor het adviseren over het gebruik van andere rekenmethodieken. Versie 2.0. 1 juni 2008.
<http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/Procedure-alternatieve-rekenpakketten-v2.0.pdf>.
- [2] RIVM.
http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/20100114_Evaluation_and_assessment_of_probit_functions_1.2.pdf. Geraadpleegd augustus 2010.
- [3] Gooijer L. Het verbeteren van het QRA-instrumentarium aan de hand van toetsingscriteria – een eerste verkenning. Discussienotitie voor DORA. 14-11-2008.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Likelihood-ratio_test. Geraadpleegd augustus 2010.
- [5] Cooke R.M. Experts in Uncertainty: opinion and subjective probability in science. New York: Oxford University Press; 1991.
- [6] Goossens L.H.J, Cooke R.M, Kraan B.C.P. Evaluation of weighting schemes for expert judgment studies. In: Mosleh, Bari, editors. Proceedings PSAM4. New York: Springer; 1998; pag. 1937–1942.
- [7] Cooke R.M, Goossens L.H.J. (2008). *TU Delft expert judgement data base*. Reliability Engineering & System Safety, 93, 2008; pag. 657-674.
- [8] Hanea D.M. Human Risk of Fire: Building a decision support tool using Bayesian networks. Proefschrift TU Delft. 2009.
<http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:8c7e167e-ee61-488e-afef-9ad7723f4959/>. Geraadpleegd augustus 2010.
- [9] European agency for safety and health at work. Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health. 2009
http://osha.europa.eu/en/publications/reports/TE3008390ENC_chemical_risks. Geraadpleegd augustus 2010.
- [10] Cuhls K. Technikvorausschau in Japan – Ein Rückblick auf 30 Jahre Delphi-Expertenbefragungen, Technik, Wirtschaft und Politik, Volume 29, Schriftenreihe des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Physica, Heidelberg, 1998.
- [11] RIVM, Uijt de Haag P.A.M, Mahesh S, Heezen P.A.M, Wolting A.G, Reinders J.E.A, Ham J.M, Vijgen L. Op weg naar een protocol voor het waarderen van maatregelen in een kwantitatieve risicoanalyse. RIVM Rapport 620001001.
- [12] Interprovinciaal Overleg (IPO), Externe Veiligheid in de Wm-vergunning, Wegwijzer, citaat van pag. 27.
- [13] Simola K, Mengolini A, Bolado-Lavin R. Formal Expert Judgement, An Overview EUR 21772 EN JRC 2005
http://ie.jrc.ec.europa.eu/publications/scientific_publications/2005/EUR21772EN.pdf. Geraadpleegd augustus 2010.

Bijlage 1 Definities

1.1. Toelichting

In de wereld van de kwantitatieve risicoanalyse wordt een aantal begrippen en terminologieën gehanteerd die soms aanleiding geven tot misverstand of spraakverwarring. Voorbeelden zijn de verschillende betekenissen die aan de begrippen 'Scenario' en 'Model/modellering' worden toegekend. Eenduidigheid in begrippen is gewenst en daarom legt deze bijlage de definities van een aantal veelvoorkomende termen in dit protocol vast.

De definities zijn in groepen onderverdeeld, en in aparte paragrafen opgenomen:

1. Begrippen rond de procedurele aspecten van het protocol, zoals te nemen stappen en de verantwoordelijkheden rond een wijzigingsinitiatief en rond de beoordeling daarvan.
2. Begrippen in het onderwerp scenario's en modellering.
3. Begrippen in het onderwerp frequenties en vervolgcansen.
4. Begrippen in het onderwerp maatregelen.

1.2. Definities protocol en procedures

Aanpassing/voorstel:

Hieronder worden alle (gemotiveerde/onderbouwde) voorstellen verstaan om wijzigingen aan te brengen in (onderdelen van) de voorgeschreven rekenmethodiek. Hiertoe kunnen worden gerekend (niet uitputtend):

- aanpassing, uitbreiding of weglating van voorgeschreven representatieve LoC's;
- aanpassing van de beschrijving van vervolgebeurtenissen en de invloed van maatregelen;
- aanpassing in effect- of schademodelen, of van te gebruiken parameters daarin;
- wijziging in faalfrequenties (frequentie van de LoC) of van vervolgcansen.

Beheergroep Rekenmodellen:

De Beheergroep Rekenmodellen is verantwoordelijk voor het onderhouden en aan gebruikers beschikbaar stellen van de hulpmiddelen (handleidingen, rekenprogrammatuur enzovoort) voor de uitvoering van kwantitatieve risicoanalyses, alsmede de verzorging van training en begeleiding in het gebruik van deze hulpmiddelen. Ook hoort hierbij de intake en afhandeling van wijzigingsvoorstellen rond de berekeningsmethodieken.

De Beheergroep wordt momenteel gevormd door het Centrum Externe Veiligheid (CEV) van het RIVM en de Dienst Infrastructuur (DI) en de Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), beide van Rijkswaterstaat.

Beoordeling:

Onder 'beoordeling' wordt in het kader van dit protocol verstaan: de activiteiten door een daarvoor aan te wijzen groep deskundigen om een voorstel van een initiatiefnemer tot aanpassing in (onderdelen van) de rekenmethodiek te beoordelen op de nader te benoemen 'criteria' (zie definitie). De beoordeling leidt tot een besluit tot hetzij afwijzen van het voorstel, dan wel het positief beoordelen van het voorstel. Bij een positieve beoordeling zal een verdere

uitwerking volgen met een onderzoek naar consequenties van de voorgestelde aanpassing en het opstellen van een technisch-inhoudelijk advies ten behoeve de departementale beleidskern. Ook een negatieve beoordeling leidt tot een advies aan de departementale beleidskern.

De beoordelingsgroep bestaat uit leden van de beheergroep, eventueel aangevuld met leden van het DORA of derden op persoonlijke titel en op basis van expertise.

Consequentieonderzoek:

Een onderzoek waarin de gevolgen van een wijziging in de risicoberekeningsmethodiek worden bepaald. Een consequentieonderzoek omvat de vaststelling van de verandering in de rekenresultaten, van verandering in de ligging van de plaatsgebonden risicocontouren en de hoogte van het groepsrisico, alsmede (de veranderingen in) de omvang van het ruimtelijk gebied waarop de risicoberekeningen betrekking hebben. Afhankelijk van de strekking van een consequentieonderzoek kan het tevens de bepaling van de financiële consequenties van de aangepaste risicoberekeningswijze omvatten.

Criteria van beoordeling:

Voorstellen voor aanpassing in (onderdelen van) de Rekenmethodiek worden getoetst aan criteria die door de Adviesraad Gevaarlijke Stoffen (AGS) zijn voorgesteld voor de beoordeling van een QRA of het QRA instrumentarium. In zijn rapporten 'QRA modellering vervoer gevaarlijke stoffen'(2006) en 'Risicoberekeningen volgens voorschrift: Een ritueel voor vergunningverlening' (2010) definieert de AGS-criteria die hieronder zijn weergegeven. Hierbij is tevens aangegeven hoe deze worden geïnterpreteerd voor toepassing op het (beperkt) terrein van aanpassingen in het instrumentarium/protocol. Hierbij wordt opgemerkt dat criteria als verifieerbaarheid en validiteit vooral betrekking zullen hebben op de traceerbare correctheid van, vooral kwantitatieve, aannamen en modellen: zijn deze op waarnemingen of experimenten gebaseerd, en zijn ze op de meest correcte wijze in de modellering van een specifieke situatie meegenomen? Dat betekent dat de mate waarin verifieerbaarheid en validiteit kunnen worden aangetoond afhangt van de vraag of de beoordeling op meetbare kwantitatieve, dus objectieve gronden kan plaatsvinden. Daarvoor kan aanvullend de meer subjectieve term 'relevantie' meegewogen worden. Dit blijkt des te meer een gewenst extra criterium als voor bepaalde voorstellen een of enkele van de AGS-criteria niet opportuun blijkt te zijn.

Transparantie:

- AGS: In hoeverre bestaat er helderheid over de gebruikte methodes van het rekenpakket? Is het inzichtelijk welke bewerkingen met invoergegevens en parameters worden uitgevoerd? Dit criterium betreft de methode, dan wel het model.
- Protocol: Voor toepassing in het kader van (voorstellen tot) aanpassingen in de methodiek wordt dit als volgt vertaald: transparantie in de afwegingen kan worden verkregen door het eenduidig en expliciet documenteren van de gevolgde procedure en geraadpleegde data.

Verifieerbaarheid:

- AGS: In hoeverre zijn bronnen waaraan in het rekenpakket wordt gerefereerd toegankelijk? Kan worden nagegaan op grond van welke argumenten in het verleden een bepaalde keuze is gemaakt voor een scenario, een model of een in te voeren variabele?

- Protocol: Waar zijn waarden voor in te voeren parameters en te hanteren faalkansen te vinden, dan wel waar is te vinden hoe deze zijn afgeleid van bepaalde bronwaarden? Dit criterium betreft de invoergegevens van de risicoberekening.

Voor beoordeling van aanpassingsvoorstellen wordt dit als volgt vertaald: De gevolgde procedure dient eenduidig en expliciet te zijn beschreven, zodat de stappen die gemaakt zijn in het wijzigingstraject navolgbaar zijn en getoetst kunnen worden. Hierbij spelen de openbaarheid en beschikbaarheid van de gebruikte gegevens een rol.

Robuustheid:

- AGS: In hoeverre zijn berekeningsresultaten afhankelijk van variaties in gebruik en interpretatie/expert judgement? Zijn uitkomsten reproduceerbaar?
- Protocol: Voor dit protocol gaat robuustheid vooral over reproduceerbaarheid, het omgaan met onzekerheden. Robuust wil in dit geval zeggen dat een realistisch veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) wordt gebruikt in geval van onzekerheid. Anderzijds kan onder 'robuust' ook worden verstaan dat het resultaat niet (extreem) gevoelig is voor kleine wijzigingen in uitgangspunten of specifieke omstandigheden.

Validiteit:

- AGS: Hierbij onderscheidt de AGS twee aparte criteria:
 1. Correctheid: In hoeverre bevat de risicomodellering onjuistheden ten aanzien van de systeembeschrijving: de aannamen en uitgangspunten van de berekeningen? Indien sprake is van aantoonbare onjuistheden verliezen berekeningsresultaten aan bruikbaarheid voor het verkrijgen van een beeld van de veiligheid en de mogelijkheden om deze te vergroten.
 2. Veiligheidsrelevantie: In hoeverre komen veiligheidsverhogende (of verlagende) maatregelen en omstandigheden tot uitdrukking in de resultaten van risicoberekeningen voor de beschouwde inrichting? In hoeverre verschaffen de resultaten van risicoberekeningen inzicht in de omvang van risico's en de mogelijkheden om risico's te beperken?
- Protocol: Voor beoordeling van voorstellen tot aanpassing in de rekenmethodiek wordt bij de validiteit gekeken naar aspecten die een rol spelen om de juistheid te toetsen, zoals de actualiteit, de volledigheid en de mate van (wetenschappelijke) onderbouwing van een voorstel. Verder speelt de toepasbaarheid (representatie) een rol. Ook is een beoordeling op 'relevantie' van belang. Hierbij wordt beoordeeld of een voorstel betrekking heeft op uitkomsten die uit oogpunt van externe risico's relevant zijn, respectievelijk leidt tot uitkomsten die, gezien de bestaande onzekerheden in de risicoschatting, tot duidelijk nieuwe inzichten in het externe risico leiden.

Departementale beleidskern:

Penvoerende directie, die gaat over de uiteindelijke implementatie van een inhoudelijk advies in de regelgeving. Op dit moment is die beleidskern meestal de directie Risicobeleid van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). Deze directie verzorgt ook de benodigde interdepartementale afstemming, die in de praktijk in het Directeurenoverleg Externe Veiligheid (DOEV) wordt vormgegeven. Het DOEV is een periodiek overleg over externe veiligheid van de directeuren van de ministeries IenM, BZK, VenJ, SZW en ELenI.

Initiatiefnemer:

Onder de initiatiefnemer wordt de persoon of organisatie verstaan die een voorstel voor aanpassing van (een onderdeel van) de rekenmethodiek heeft ontwikkeld, en dit voorstel voorzien van de benodigde motivering en onderbouwing, indient bij de Beheergroep.

Rekenmethodiek:

Onder de rekenmethodiek wordt verstaan het samenstel van documenten en instrumenten die zijn voorgeschreven voor de uitvoering van een QRA in het kader van regelgeving voor een domein van risicodragende activiteiten.

Als voorbeelden:

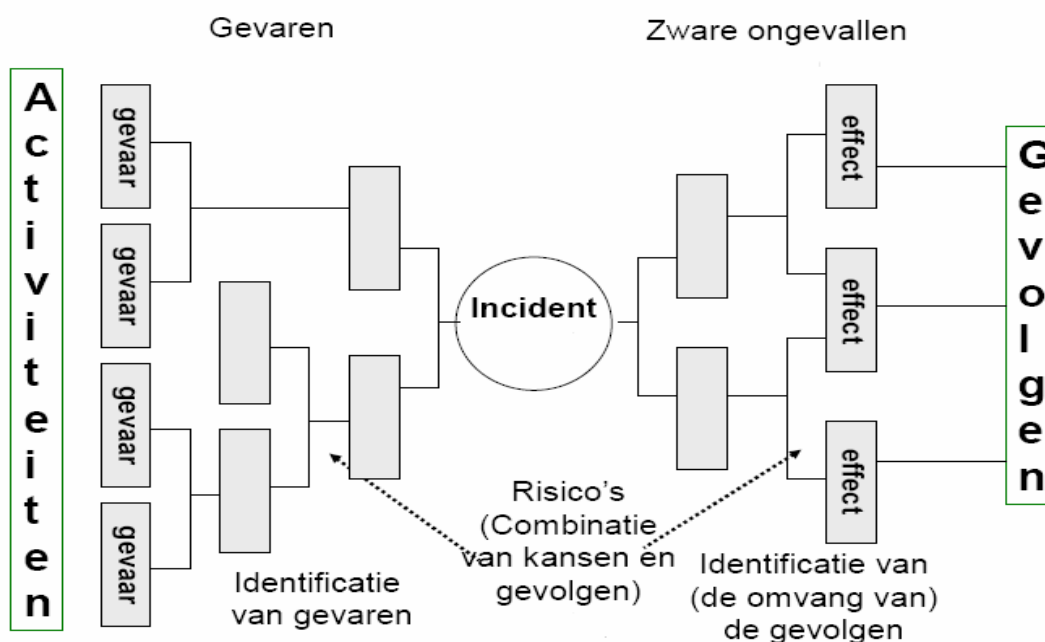
- De rekenmethodiek BEVI dat het domein van risico's door inrichtingen behelst, omvat de Handleiding Risicoberekeningen BEVI (kortweg: Hari) en het rekenpakket SAFETI-NL.
- De rekenmethodiek BTEV (waarschijnlijk in 2011), dat het domein van risico's door vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, spoor en water behelst, omvat de Handleiding Risicoberekeningen Transport (HART) en het rekenpakket RBMII.

1.3. Definities Scenario's en modellering

1.3.1. Toelichting

Zoveel mogelijk is aansluiting gezocht bij definities zoals gegeven in de Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HaRi) en in het EU-project ARAMIS, waarin toepassing van de Layer of Protection Analysis (LOPA) is beschreven. Voor zover definities niet zijn opgenomen is de Handleiding Risicoberekeningen (HaRi) leidend.

Voor de beschrijving wordt gebruikgemaakt van de vlinderdas (zie figuur 6). Uitgangspunt is dat de Loss of Containment event (LoC-gebeurtenis; 'Incident' in Figuur 6) het startpunt is van een scenariobeschrijving. De onderliggende oorzaken die leiden tot een LoC event (de linkerzijde van de vlinderdas) maken vooralsnog geen deel uit van (de definities van) een scenario. Het oorzakendeel en de eventuele foutenboomanalyse zijn waar mogelijk verwerkt in de bepaling van de faalfrequentie: de frequentie van het ontstaan van een LoC event.



Figuur 6 Voorbeeld van een vlinderdasdiagram

Incident:

Een incident is een gebeurtenis die leidt tot het vrijkomen van een gevaarlijke stof en de blootstelling van mensen (bevolking) aan alle mogelijke effecten ervan.

Bij het gebruik van een analogon kan het voorkomen dat andersoortige incidenten worden beschouwd dan die vallen onder de definitie van een incident. Dit is bijvoorbeeld het geval als het bronsysteem geen gevaarlijke stof, maar water of melk bevat, maar verder geschikt kan zijn voor het opslaan/vervoer van een gevaarlijke stof.

Loss of Containment event (LoC):

Een Loss of Containment (kortweg: LoC, LoC event of LoC-gebeurtenis) is de gebeurtenis die leidt tot het vrijkomen van materiaal uit een insluitsysteem ('containment') in de atmosfeer.

Sommige voorgeschreven LoC's betreffen de beschrijving van de wijze van vrijkomen zelf. De LoC kan dus zowel worden beschreven als het falen van een insluitsysteem (bijvoorbeeld: breuk van een leiding; gat in een tank), als ook als het fenomeen van vrijkomen (bijvoorbeeld: uitstroming van de inhoud in 10 minuten, instantaan vrijkomen van de inhoud). De LoC is het knooppunt van de vlinderdas. Een QRA gebruikt representatieve LoC's waaronder een set van specifieke LoC's is vervat.

N.B.: Vaak wordt een LoC event ook wel 'scenario' genoemd, maar dat dient vermeden te worden gelet op de bredere definitie van het begrip scenario; zie definitie.

Model:

Een model is de mathematische beschrijving van het gedrag van een vrijgekomen stof, en omvat dus de rekenregels om de effecten te voorspellen. Onder deze modellen worden onderscheiden:

- (Fysische) effectmodellen: Voorbeelden zijn de modellen voor uitstroming, verdamping en dispersie, maar ook voor optredende overdruk bij explosie en hittestraling bij brand.
- Schademodellen: Voorbeelden zijn de probitrelaties waarmee de mate van letsel kan worden berekend voor mensen bij blootstelling aan hittestraling of overdruk of bij inademing van een toxische damp.

N.B.: Vaak wordt met de term 'model' bedoeld op een computerprogramma waarmee deze effecten (of het risico) kunnen worden berekend. Dit veroorzaakt spraakverwarring over het begrip 'modellering', en moet dus vermeden worden.

Representatieve LoC:

Een representatieve Loss of Containment event (LoC) omvat de verschillende mogelijke wijzen van vrijkomen van gevaarlijke stof die elk tot vergelijkbare effecten in de omgeving zouden leiden als het representatieve LoC. De beschrijving van het representatieve LoC staat model voor een breder scala van ongevallen die ieder tot vergelijkbare gevolgen kunnen leiden.

Op deze wijze is per insluitsysteem een aantal representatieve LoC's gekozen waarmee het vrijkomen van een gevaarlijke stof zodanig gemodelleerd wordt dat het berekende risico overeenkomt met (oftewel representatief is voor) alle mogelijke (vervolg)effecten. Zo omvatten de LoC's van een drukvat drie representatieve LoC's:

- Het instantaan vrijkomen van de systeeminhoud. Hieronder wordt verstaan: het volledig falen van een omhulling, als gevolg waarvan de inhoud in korte tijd (orde van grootte: binnen 1 minuut) vrijkomt. Voor de berekeningen wordt dan uitgegaan van uitstroming in nul seconden, en voor de dispersie van een zogenaamd 'puff-model'.
- In 10 minuten leegstromen. Deze LoC omvat andere grote lekken, bijvoorbeeld samenhangend met een zich uitbreidende scheur in de wand van een containment. De 10 minuten tijdsduur is een tamelijk willekeurige keuze die representatief is voor een uitstroombuur tussen (globaal) 1 minuut en 1 uur, waarbinnen de gehele inhoud van het containment vrijkomt.
- Lek met een diameter van 10 mm. Deze LoC omvat allerlei lekken die kunnen ontstaan bij corrosie van materiaal van de omhulling of bij afbreken van een aansluiting van meetapparatuur, enzovoort. Dergelijke lekkages zouden zeer lang kunnen duren.

Realistische LoC:

Een realistische Loss of Containment event (LoC) is de beschrijving van een incident zoals het zich werkelijk heeft voorgedaan en/of zal kunnen voordoen. Het kan daarbij gaan om een incident dat als een van de representatieve LoC's van een insluitsysteem gedefinieerd is, maar wanneer dat niet het geval is, zal het risico van het realistische LoC met (een combinatie van) de representatieve LoC('s) gemodelleerd worden in de risicoanalyse. Op deze wijze beschrijft een QRA de mogelijke realistische LoC's door enkele representatieve LoC's.

Scenario:

Een scenario is de beschrijving van het verloop van een ongeval, van een LoC event tot aan de uiteindelijke gevolgen en de condities die op de gevolgen van invloed zijn. Een LoC event kan zich afhankelijk van de condities, omgevingsomstandigheden (obstakels, ontstekingsbronnen) en mitigerende maatregelen (bijvoorbeeld: opvangvoorziening, detectie, inblokvoorziening) tot verschillende scenario's ontwikkelen. Oftewel ieder scenario is opgebouwd uit een LoC event (= knooppunt van de vlinderdas) plus één tak van het rechterdeel van dezelfde vlinderdas.

Een scenario beschrijft dus achtereenvolgens de gebeurtenis en/of aard van de schade aan een insluitsysteem die leidt tot vrijkomen van een gevaarlijke stof,

de wijze van vrijkomen, de opeenvolgende fysische effecten en de (schade bij) blootstelling van personen of objecten.

In voorkomende gevallen maken ook omgevingsomstandigheden (zoals obstakels, ontstekingsbronnen, weersomstandigheden) en mitigerende maatregelen (bijvoorbeeld: opvangvoorziening, detectie, inblokvoorziening) deel uit van deze beschrijving.

Softwareprogramma (of rekenprogramma):

Een rekenprogramma is een in een computeromgeving draaiend stuk software dat bedoeld is om wiskundige bewerkingen (modelberekeningen) uit te voeren.

In softwareprogramma's ten behoeve van kwantitatieve risicoanalyses (QRA) wordt het geheel van effect-, schade-, kans- en risicoberekeningen meegenomen, inclusief de presentatie en analyse van de resultaten (voorbeelden van rekenprogramma's die onder Modelbeheer vallen: SAFETI-NL, RBMII en CAROLA).

N.B.: Om redenen als eerder genoemd, moet gebruik van de term '(reken)model' voor deze applicaties vermeden worden. In de REVI worden gedefinieerd: 'rekenmethodiek', bestaande uit SAFETI-NL en de Handleiding Risicoberekeningen BEVI, en 'SAFETI-NL': softwareprogramma voor de berekening van risico's.

Vervolggebeurtenis:

Een vervolggebeurtenis is een conditie/omstandigheid die het verloop van een incident beïnvloedt en daarmee het scenario (mede) bepaalt. Bijvoorbeeld de vorming van een plas binnen een tankput, ontsteking van die plas, vloeistofverdamming en vorming van een brandbare gaswolk, enzovoort. Aan het optreden hiervan zijn vaak (conditionele) vervolgekansen verbonden.

Waarneming:

Het aantal handelingen of ervaringsjaren van het beschouwde systeem. Dit wordt ook wel populatie genoemd.

1.4. Definities Faalfrequenties en Vevolgekansen

Analoog systeem:

Het systeem waarvoor de faalfrequentie wordt afgeleid.

Bronstelsel:

Het systeem waaraan de faalfrequentie bij gebruik van een analogon gelijk wordt gesteld.

Faalfrequentie:

Het aantal malen dat in een bepaalde periode (meestal een jaar) een bepaalde gebeurtenis wordt verwacht.

In de rekenmethodieken wordt soms de faalkans per verlading, per vliegbeving enzovoort voorgeschreven. Door de waarde hiervoor te vermenigvuldigen met het aantal handelingen per jaar, wordt weer een faalfrequentie per jaar verkregen. Bij transport wordt de vervoersprestatie in de definitie meegenomen (1/voertuig.kilometer/jaar).

Generieke faalfrequentie:

De generieke faalfrequentie is de voor Nederland geldende faalfrequentie van een insluitsysteem.

(Locatie)specifieke faalfrequentie:

De (locatie)specifieke faalfrequentie is de faalfrequentie van een subgroep van een insluitsysteem. Zo kan men bij een stationaire inrichting op basis van een onderbouwing conform dit protocol voor bijvoorbeeld pompen een specifieke ongevalfrequentie afleiden, wanneer de pompen die bij deze inrichting gebruikt worden aantoonbaar veiliger zijn dan de gemiddelde pomp in Nederland. Bij het transport over vaarwegen worden altijd locatiespecifieke ongevalfrequenties afgeleid op basis van de werkelijke incidenten (uit databases) en de totale scheepvaartintensiteit zonder recreatievaart, aangezien deze ongevalfrequentie in hoge mate afhangt van lokale vaarwegkenmerken en de samenstelling van het scheepvaartverkeer.

Statistiek:

Beschrijving van het aantal gebeurtenissen (teller in de faalfrequentie) en het aantal trekkingen of waarnemingen (noemer in de faalfrequentie).

Systeem

Een of enig onderdeel van een insluitsysteem.

Insluitsysteem

Een insluitsysteem wordt beschreven als een of meer toestellen, waarvan de eventuele onderdelen blijvend met elkaar in open verbinding staan en die bestemd zijn om een of meer stoffen te omsluiten, waarbij een verlies van inhoud van een insluitsysteem niet leidt tot het vrijkomen van significante hoeveelheden gevaarlijke stof uit andere insluitsystemen.

N.B.: Deze tekst is overgenomen uit het REVI (art. 1 onderdeel e).

Vervolgkans:

De vervolgkans geeft de kans op het ontstaan van een vervolgebeurtenis. Deze kans wordt toegekend aan de vertakkingen in een gebeurtenissenboom. Een kans is een dimensieloze parameter, met een waarde tussen 0 en 1. Voor elk vertakkingpunt in de gebeurtenissenboom geldt dat de som op de kans van alle takken samen gelijk is aan 1.

1.5. Definities Maatregelen

Stand der techniek en Best beschikbare technieken (BBT):

- 'Stand der Techniek' wordt beschouwd als meest recente, algemeen aanvaarde milieutechnische inzichten. Voor preventieve maatregelen dient voor het beschouwde systeem beschreven te zijn welke 'Stand der Techniek' (richtlijn, norm enzovoort) op dat moment van toepassing is. Voorbeelden hiervan zijn PGS-15 voor opslag van gevaarlijke stoffen, NEN 3650 voor buisleidingen, RID voor spoor, ADR voor weg.
- De Best beschikbare technieken (= BBT) zijn veelal beter dan de 'Stand der Techniek' en per systeem kunnen deze worden gewaardeerd.
- Bijlage 4 bevat een verdere toelichting hierop.

Preventieve maatregelen:

Dat zijn maatregelen die de kans op het vrijkomen van een gevaarlijke stof (de LoC= loss of containment) beperken of de LoC helemaal voorkomen.

Mitigerende maatregelen:

Dat zijn maatregelen die de effecten van het vrijkomen van een gevaarlijke stof (de LoC= loss of containment) beperken. Dit protocol gebruikt de term mitigerend; deze is synoniem voor de term repressief.

Bijlage 2 Toelichting bij gevolgen keuze voor een statistische benadering

Voor het protocol 'faalfrequenties' wordt voor het gebruik van een statistische benadering gekozen. Gevolg van deze keuze is wel dat de definitie van een LoC voor alle modaliteiten binnen het modelbeheer gelijk moet zijn. Bijvoorbeeld tussen transport en inrichtingen/buisleidingen verschilt de huidige wijze van afleiden. Bij transport wordt de faalfrequentie veelal afgeleid voor het vrijkomen van een EV-relevante hoeveelheid van een gevaarlijke stof, waarna een opsplitsing wordt gemaakt (door middel van vervolgcansen) naar subscenario's (bijvoorbeeld instantaan, continu). Bij inrichtingen/buisleidingen worden de faalfrequenties veelal direct afgeleid voor de subscenario's. Onderstaand voorbeeld licht de verschillen toe die als gevolg van de gekozen wijze van afleiden kunnen ontstaan.

Voorbeeld

Voor een systeem zijn op basis van 1 miljoen ervaringsjaren de volgende aantallen incidenten vastgesteld; 7 lekken, 4 middelgrote uitstromingen en 1 breuk.

Op basis van de 'transport'-benadering bedraagt de faalfrequentie voor de LoC EV-relevante uitstroming bij een 95-percentielwaarde $1,94 \cdot 10^{-5}$ per jaar (12 incidenten, 1 miljoen ervaringsjaren). Met een vervolgcans van 1/12 op breuk wordt de breukfrequentie $1,62 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

Op basis van de 'inrichting'-benadering bedraagt de breukfrequentie $4,74 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Dit is bijna een factor 3 hoger dan de breukfrequentie van $1,62 \cdot 10^{-6}$ per jaar berekend voor transport. Bij een 50-percentielwaarde bedraagt het verschil een factor 1,6.

Bijlage 3 Beschrijving van de Binominale verdeling en de Poisson-verdeling in Excel en in wiskundige formules

3.1. Beschrijving in Excelformules

Binominale verdeling

Invulvelden:

Aantal incidenten	x	Cel1
Aantal waarnemingen	n	Cel2
Gekozen betrouwbaarheidsgrens	%	Cel3

Berekeningsstappen:

- | | |
|--|---|
| 1) bereken de onbetrouwbaarheid, Cel4 | = 2*(1- Cel3 /100) |
| 2) bereken df1, upper, Cel5 | = 2*(Cel1 +1) |
| 3) bereken df2, upper, Cel6 | = 2*(Cel2 - Cel1) |
| 4) bereken Finv, upper, Cel7 | = IF(Cel1 < Cel2 ;FINV(Cel4 /2; Cel5 ; Cel6);1e15) |
| 5) bereken de faalfrequentie | = (Cel1 +1)* Cel7 /((Cel2 - Cel1)+(Cel1 +1)* Cel7) |

Poissonverdeling

Invulvelden:

Aantal incidenten	x	Cel1
Aantal jaren	n	Cel2
Gekozen betrouwbaarheidsgrens	%	Cel3

Berekeningsstappen

- | | |
|--|--|
| 1) bereken de onbetrouwbaarheid, Cel4 | = 2*(1- Cel3 /100) |
| 2) bereken de faalfrequentie | = CHIINV(Cel4 /2;2*(Cel1 +1))/2/ Cel2 |

3.2. Beschrijving in wiskundige formules

Binominale verdeling

De verwachte gemiddelde waarde kan worden berekend met:

$$p = \frac{x}{n} \quad (1)$$

waarbij:

x = aantal incidenten

n = aantal waarnemingen

De 95-percentielwaarde kan worden berekend met de formule:

$$p_{95} = \frac{(x+1)y}{(n-x) + (x+1)y} \quad (2)$$

waarbij:

x = aantal incidenten

n = aantal waarnemingen

$$\begin{aligned}
 p &= 1 - 0.95 \\
 v_1 &= 2(x + 1) \\
 v_2 &= 2(n - x) \\
 p &= f(y|v_1, v_2) = \frac{\Gamma\left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right) \left(\frac{v_1}{2}\right)^{\frac{v_2}{2}} y^{\left(\frac{v_1 - v_2}{2}\right)}}{\Gamma\left(\frac{v_1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{v_2}{2}\right) \left(\frac{v_2}{2}\right)^{\frac{v_1}{2}} \left[1 + \left(\frac{v_1}{v_2}\right)y\right]^{\left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)}}
 \end{aligned}$$

Poissonverdeling

De verwachte gemiddelde waarde kan worden berekend met:

$$\lambda = \frac{x}{n} \quad (3)$$

waarbij:

x = aantal incidenten

n = aantal waarnemingen

De 95-percentielwaarde kan worden berekend met de formule:

$$\lambda_{95} = \frac{X^2(2x + 2, 0.95)}{2n} \quad (4)$$

waarbij:

$X^2(v, p)$ = p percentiel van een Chi-kwadraatverdeling met

v = vrijheidsgraden

x = aantal incidenten

n = aantal waarnemingen

Bijlage 4 Omschrijving 'Stand der Techniek'

In deze bijlage is een beschrijving uit de wegwijzer Externe Veiligheid [12] opgenomen met betrekking tot 'Stand der Techniek'.

Tevens moet de vergunningverlener nagaan of de juiste maatregelen zijn getroffen. De beste beschikbare technieken (BBT) vormen hierbij het uitgangspunt. Voor aangewezen processen en bedrijfstakken moet het bevoegd gezag gebruikmaken van aangewezen bronnen van BBT. Dit is het gevolg van een recente wijziging van de Wet milieubeheer en het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer (nieuw ingevoegd artikel 5a.1, tweede lid). Deze aanwijzing vindt plaats door middel van de Regeling aanwijzing BBT-documenten. Met deze regeling heeft een aantal veelgebruikte richtlijnen (o.a. de PGS-richtlijnen) een duidelijkere status gekregen. De aangewezen bronnen van BBT's zijn:

- de onder auspiciën van de Europese Commissie gepubliceerde BBT-referentiedocumenten (de zogenaamde BREF's). Hierin zijn ook aspecten van externe veiligheid opgenomen. Deze documenten zijn alleen van toepassing op installaties die onder bijlage I van de IPPC-richtlijn vallen. De BREF's zijn genoemd in tabel 1 van de regeling en zijn te vinden op www.infomil.nl;
- door andere internationale organisaties vastgestelde documenten met betrekking tot BBT; en
- Nederlandse documenten met betrekking tot de bepaling van BBT. Deze documenten zijn genoemd in tabel 2 van de regeling Aanwijzing BBT-documenten. Het gaat hierbij o.a. om de PGS-richtlijnen. Daarnaast, en voor de niet-aangewezen processen en bedrijfstakken, kan gebruikgemaakt worden van andere (buitenwettelijke) richtlijnen en/of andere adviezen van deskundigen, zoals publicaties van het RIVM of NIBRA, of het Handboek Milieuvergunningen. Afwijking hiervan kan worden gemotiveerd door gebruik te maken van bijvoorbeeld een contra-expertise.'

In de volgende figuur uit [12] is dit schematisch weergegeven.

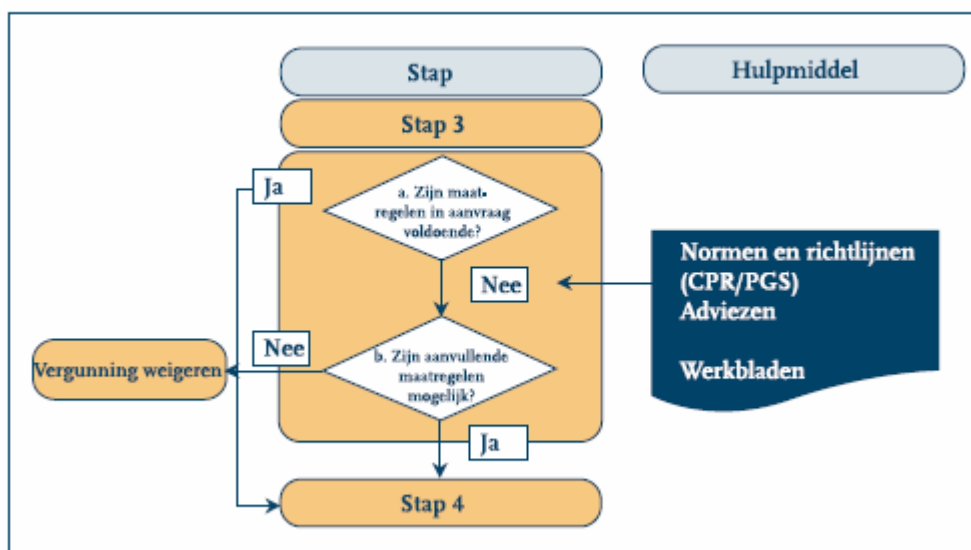
Stap 3: beoordelen van vergunbaarheid: bepalen van noodzakelijke maatregelen

Deze stap is gericht op het beoordelen van de noodzakelijke voorzieningen en maatregelen in relatie tot de aanvraag. Ook bij deze beoordeling maken we onderscheid tussen maatregelen en voorzieningen die worden geëist op grond van wettelijke normen en die welke worden verlangd op basis van leidraden, brochures en dergelijke (zie hoofdstuk 2). Bij het vaststellen van de noodzakelijke voorzieningen en maatregelen moeten we rekening houden met uitgebracht advies (door bijvoorbeeld de regionale brandweer of de arbeidsinspectie).

Als in de aanvraag of gedeelten daarvan maatregelen op afdoende wijze worden beschreven, kunnen die gedeelten als onderdeel van de vergunning worden aangemerkt.

Daar waar niet aan het gewenste veiligheidsniveau wordt voldaan, doordat de noodzakelijke maatregelen en voorzieningen in onvoldoende mate worden getroffen of in de aanvraag worden beschreven, is het zaak vast te stellen welke maatregelen moeten worden genomen om een goed maatregeleniveau te bereiken. Bij het voorschrijven van dergelijke voorzieningen en maatregelen mag de grondslag van de aanvraag niet worden verlaten. Op de aanvraag moet immers worden beschikt, zoals deze is ingediend. Bovendien moeten de maatregelen worden getoetst aan BBT.

In die gevallen waarin voorschriften en maatregelen niet kunnen worden geveerd, omdat de aanvraag hier onvoldoende aanknopingspunten voor bevat, zal in beginsel weigering van de milieuvergunning moeten volgen. In onderstaande figuur is dit schematisch weergegeven.



Figuur 10: Stap 3: beoordelen van vergunbaarheid: bepalen van noodzakelijke maatregelen

Bijlage 5 Achtergrond bij de ontwikkeling van het protocol

5.1. Aanleiding en doel

Een paar jaar geleden zijn de eerste wettelijk voorgeschreven instrumenten geïntroduceerd voor de bepaling en beoordeling van risico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen. De resultaten van deze risicoberekeningen worden gebruikt voor besluitvorming inzake het beleid voor vergunningverlening, voor infrastructuurbesluiten en voor ruimtelijke ordening. Hierbij werd de noodzaak onderkend van het streven naar een grote(re) eenduidigheid in rekenresultaten in kwantitatieve risicoanalyses (QRA's).

De eerste set instrumenten heeft betrekking op (BEVI-plichtige) inrichtingen, en omvat de Handleiding Risicoberekeningen BEVI en het rekenprogramma SAFETI-NL. Het gebruik van deze (set van) instrumenten is reeds wettelijk voorgeschreven. De combinatie van het rekenpakket SAFETI-NL en de Handleiding Risicoberekeningen BEVI vormt thans de rekenmethode voor het uitvoeren van een QRA voor inrichtingen in het kader van het BEVI; deze combinatie wordt verder aangeduid als 'rekenmethodiek BEVI'. In artikel 7 van de Regeling externe veiligheid inrichtingen (hierna: Revi) is de toepassing van de rekenmethodiek voorgeschreven voor het vaststellen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico voor de inrichtingen die vallen onder het BEVI.

Voor de risico's door transport (over weg, spoor of water), alsmede voor transport via buisleidingen zijn soortgelijke instrumentaria momenteel nog in ontwikkeling. Deze moeten nog wettelijk worden vastgelegd. Wel worden in QRA's voor transport de richtlijnen in de circulaire Risico Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen (RNVGS) al enkele jaren gehanteerd, en zijn de basisnetten Water en Weg in 2009 aan de circulaire RNVGS toegevoegd, maar deze circulaire is geen wet. Verwijzing naar vastgestelde regelgeving is daarom voor transport (nog) niet mogelijk. In een volgende versie van dit protocol zullen specifieke referenties worden opgenomen.

Bij het uitvoeren van QRA-berekeningen dient de voorgeschreven rekenmethodiek te worden gevolgd. Deze rekenmethodiek is in beginsel toepasbaar op alle situaties die zich binnen de werkingssfeer kunnen voordoen. Bij de ontwikkeling van de rekenmethodieken is een aantal keuzes gemaakt. Hierbij heeft telkens een afweging plaatsgevonden tussen het zo eenduidig mogelijk maken van de rekenmethode, waarvoor parameters vastgelegd dienen te worden, en het mogelijk maken van locatiespecifieke modellering, waarvoor enige keuzevrijheid aan de gebruiker geboden moet worden. Het resultaat van deze afweging is dat, binnen het geboden kader van de rekenmethodiek, de gebruiker nog altijd de mogelijkheid heeft specifieke gegevens te wijzigen. Daarbij geldt wel de randvoorwaarde dat alle locatie-specifieke modelleringen in de QRA-berekeningen vergezeld moeten gaan van een goed onderbouwde en volledige documentatie van de afwegingen en keuzes.

Wanneer de kenmerken of omstandigheden van een bepaalde specifieke situatie zo bijzonder zijn, dat, ondanks de geboden keuzevrijheid, de voorgeschreven rekenmethodiek niet goed toepasbaar is, dan worden in de wettelijke regelingen mogelijkheden gelaten om verdergaand van de voorschriften af te wijken. Voorwaarden daarvoor worden ook gegeven. Zo voorzien de artikelen 8b en 8c van de Revi in de mogelijkheid om van de rekenmethodiek BEVI af te wijken. Bij

genoemde artikelen wordt opgemerkt dat er van een afwijking sprake kan zijn wanneer in een 'specifiek geval' de bestaande rekenmethodiek niet passend is of geen passende resultaten oplevert. De artikelen zijn dus gericht op min of meer incidentele afwijkingen die niet (direct) leiden tot een aanpassing van de rekenmethodiek en die dus niet een structureel effect zouden hebben. Voor de toepassing en toekenning van zulke afwijkingen is reeds een protocol opgesteld [1].

Voor aanpassingen in de rekenmethodieken die van meer structurele aard zijn, bestond nog geen eenduidig afwegings- en besluitvormingstraject. Er kunnen echter diverse redenen zijn om nieuwe inzichten in te bouwen in het bestaande rekeninstrumentarium en in de daarbinnen gebruikte parameters, zowel ten aanzien van de door te rekenen scenario's en effecten, als ten aanzien van de toe te kennen faalfrequenties en vervolgcansen. Dit zal tot een meer structurele aanpassing kunnen leiden in zowel de handleidingen als in de rekenpakketten.

Daarvoor is het protocol ontwikkeld. Hierin worden aanwijzingen gegeven en criteria en verantwoordelijkheden voor besluitvorming beschreven die bij het proces van dergelijke aanpassingen gevolgd dienen te worden. Er zijn protocollen opgesteld voor eventuele aanpassingen binnen de risicoberekeningsmethodiek Externe Veiligheid voor vier hoofdbestanddelen van een QRA: (i) Scenario's en modellering, (ii) Faalfrequenties, (iii) Maatregelen en (iv) Vervolgkansen.

Er is voor ieder van de genoemde vier onderdelen een apart protocol opgesteld. Hiervoor is gekozen omdat zowel de aard van aanleiding en motivatie, als de beschikbare methodieken voor beoordeling kunnen verschillen.

De protocollen hebben grote overeenkomsten ten aanzien van het te doorlopen proces van achtereenvolgens: een initiatief of voorstel met onderbouwing, gevolgd door een beoordeling en een consequentieonderzoek, uitmondend in een advies aan het Directeuren Overleg Externe Veiligheid (DOEV).

5.2. Overwegingen

Bij de ontwikkeling van dit protocol hebben een aantal overwegingen een rol gespeeld. Het wordt de toekomstige gebruiker aanbevolen om deze overwegingen ook bij de toepassing van deze richtlijnen in zijn initiatieven te betrekken.

- Het wordt algemeen onderkend dat voor diverse van de in de rekenmethodiek vastgelegde uitgangspunten niet goed bekend is hoe deze tot stand zijn gekomen. Dit geldt deels voor de ongevalsscenario's (LoC's en vervolggebeurtenissen), maar zeker in sterker mate voor de basisfaalfrequenties. De herkomst, afleiding en bewerking van faalcijfers is in veel gevallen niet meer bekend, en mogelijk ook door de voortschrijdende techniek deels achterhaald. Pogingen om de basis van de faalfrequenties, en van de onderliggende faaloorzaken te traceren, zijn slechts beperkt succesvol gebleken.
- Een belangrijk doel van dit protocol is om de toekomstige aanpassingen in de rekenmethodieken goed te documenteren, en om de transparantie en traceerbaarheid van deze aanpassingen voor de toekomst te borgen. Dit betreft niet alleen de technisch-inhoudelijke onderbouwing van de rekenmethodiek, maar ook het proces van beoordeling, beheer en beleidmatige besluitvorming rond verbetervoorstellen.

- In kwantitatieve risicoanalyses zijn 'ongevallen', 'kansen' en 'gevolgen' vaak nauw met elkaar verbonden. Bij de keus om een bepaald incident (scenario) toe te voegen in het rekenvoorschrift dient meteen de vraag beantwoord te worden welke kans (faalfrequentie) hieraan toegekend moet worden, en of de keuze gevolgen heeft voor de bestaande set van LoC's en de daarvoor geldende frequenties.
- Dit maakt dat het maken van een strikt onderscheid tussen aanpassingen in enerzijds scenario's en vervolgebeurtenissen en anderzijds faalfrequenties en vervolgekansen niet altijd goed mogelijk is. Toch is het, voor de werkbaarheid van dit protocol, wenselijk gebleken om deze twee onderdelen uit elkaar te halen. De 'knip' is hierbij gelegd bij het knooppunt van het vlinderdasmodel: de Loss of Containment event of -gebeurtenis (LoC). Zo wordt een onderscheid bereikt tussen enerzijds de oorzaken van een incident en de getroffen preventieve maatregelen die de frequentie van optreden van een LoC bepalen (linkerzijde van de vlinderdas), en anderzijds de effecten en gevolgen van de LoC (rechterzijde van de vlinderdas).
- Het aangebrachte onderscheid heeft ook praktische redenen die te maken hebben met de methodologie die wordt aanbevolen om een voorstel voor een wijziging voor te bereiden of te onderbouwen:
 1. De aanleidingen voor een aanpassing in de voorgeschreven set van LoC events, of in de daaraan verbonden vervolgebeurtenissen, zijn zeer divers, en nauwelijks in een kwantitatieve afweging te definiëren. Bij deze aanpassingen spelen de meer kwalitatieve criteria als verifieerbaarheid, validiteit en relevantie een rol.
 2. Voor de aanpassing van een faalfrequentie wordt de onderbouwing verlangd op basis van kwantitatieve c.q. statistische data van bijvoorbeeld statistiek, een analogon of een geaccepteerde expert opinion raadpleging. De procedure voor onderbouwing van een wijzigingsvoorstel is hiermee vrij strikt voorgeschreven.
 3. Van aanpassingen in effect- en gevolgmodellen zal vooral sprake zijn wanneer door ervaring of door voortschrijdend inzicht is gebleken dat de gebruikte modellen of parameters niet (meer) passend zijn voor modellering van een gegeven fenomeen. Hierbij zal de onderbouwing vaak gebaseerd (moeten) zijn op publicaties en experimenten.

Bij gebruik van dit protocol om voor een onderdeel van de rekenmethodiek een wijziging voor te stellen, wordt de initiatiefnemer (en de beoordelaar) aanbevolen om wel de implicaties voor de andere onderdelen in zijn voorstel te laten meewegen.
- Dit protocol is vooral geschreven voor de onderbouwing en beoordeling van (wijzigingen in) de algemene rekenvoorschriften. Voor afwijking van deze voorschriften in een (locatie-)specifieke situatie bestaat de discretionaire bevoegdheid van het Bevoegd Gezag om deze goed- of af te keuren. Het protocol kan bij deze besluitvorming wel behulpzaam zijn.
- De aanpassingen in de rekenmethodiek waarop dit protocol betrekking heeft zijn niet beperkt tot de zaken die in Handleidingen zijn/worden opgenomen. Om de traceerbaarheid van aanpassingen optimaal te borgen, is het protocol evenzeer van toepassing op wijzigingen die in de voorgeschreven softwareprogramma's worden voorgesteld c.q. daarin worden aangebracht.
- In enkele rekenmethodieken worden ook externe invloeden (bijvoorbeeld windturbines) meegenomen. De methodieken (faalfrequenties en scenario's) die daarvoor worden gebruikt, vallen vooralsnog niet onder modelbeheer. Voor wijziging van die methodieken en de beoordeling van die wijziging wordt aanbevolen dit protocol waar mogelijk toch te volgen.

Bijlage 6 Achtergrond Protocol Scenario's en Modellerings

6.1. Inleiding

Het Protocol Scenario's en modellering omvat de LoC-definitie zelf, evenals het mogelijke verloop (de vervolggebeurtenissen), de modellering van de fysische effecten en de mogelijke schade-effecten (gevolgen) die daarbij optreden. Hiertoe behoren tevens de risico-beïnvloedende factoren als ontsteking en mitigatie. Het omvat dus het geheel van fenomenen aan de rechterzijde van de vlinderdas inclusief aanpassingen aan de probit-relaties voor warmtestraling, brand en explosies¹.

6.2. Achtergrond typen aanpassingen

Type 1. Aanpassing van LoC event

In een QRA vormt de identificatie van representatieve LoC's een kernelement. De meeste rekenmethodieken omvatten voor ieder type insluitsysteem een beperkt aantal – representatieve - LoC events waarmee het externe risico voldoende wordt gekarakteriseerd: zowel een worst case (grote effecten, kleine kansen) als een meer denkbaar ongeval (met beperkte(re) effecten) worden meegenomen.

Van aanpassingen in de voorgeschreven LoC events kan sprake zijn bij:

- a. Het ten onrechte ontbreken van een LoC, bijvoorbeeld:
 - Een 'nieuw' incident dat ergens in de wereld is gebeurd, maar dat met de bestaande representatieve LoC's nog niet wordt beschouwd.
 - Een incident dat niet in een bestaande methodiek wordt beschouwd. Het kan gaan om casuïstiek van ongevallen die nu niet beschouwd zijn of om bijna-ongevallen met mogelijk grote gevolgen.
 - Een incident dat kan ontstaan bij introductie van een nieuw type activiteit, technologie of insluitsysteem waarvoor de huidige LoC events niet geschikt zijn². Een nieuw insluitsysteem kan leiden tot definitie van een geheel nieuwe set van LoC events.
- b. Het vanuit beleidswijziging introduceren van (de oorzaak van) een incident. Bijvoorbeeld:
 - Beleidskeuze destijds was om natuurrampen (zware storm, overstroming, aardbeving) niet expliciet te beschouwen. Verondersteld is dat deze oorzaken deel uitmaken van de generieke faalfrequenties. Wijziging van dit inzicht kan leiden tot andere beleidskeuzes.
 - Het scenario van een terroristische aanslag is om meerdere redenen niet in de (openbare) QRA's opgenomen. Indien hierover in de toekomst andere keuzes moeten worden gemaakt, bijvoorbeeld om de kwetsbaarheid van een inrichting of route te evalueren, dan is definitie van specifieke LoC's noodzakelijk.
- c. Schrappen van een LoC event omdat de frequentie van optreden lager wordt geschat dan het afkapcriterium (10^{-9} /jaar). Dit criterium blijkt in de praktijk moeilijk in te vullen omdat onderbouwing ervan vrijwel onmogelijk is. Voor LoC's die nauwelijks voorstelbaar zijn, zelfs wanneer externe of moedwillige

¹ Voor toxiciteit is al de Toetsgroep Probitrelaties in functie:

http://www.rivm.nl/milieuportal/images/20100114_Evaluation_and_assessment_of_probit_functions_1.2.pdf

² Hieronder wordt verstaan activiteiten, technologieën of insluitsystemen die momenteel nog niet, of alleen onder andere omstandigheden toegepast worden.

- oorzaken worden meegenomen, kan worden voorgesteld om ze te laten vervallen.
- d. Schrappen van een LoC event dat (zelden of) nooit letaal letsel buiten de inrichting³ geeft en dus voor externe veiligheid niet relevant is. De subselectiemethodiek geeft aan om elk insluitsysteem met een invloedsgebied buiten de terreingrens, in de QRA mee te nemen. Automatisch worden er vervolgens twee of drie LoC events aan toegekend, waarvan het 'kleine-effectscenario' (klein lek) in veel gevallen geen letaliteit zal kunnen veroorzaken.
 - e. Herdefiniëren van de representatieve LoC's, bijvoorbeeld naar aanleiding van nieuwe inzichten in faalfrequenties.

Type 2. Aanpassing van vervolggebeurtenissen

De mogelijke vervolggebeurtenissen zijn afhankelijk van stofeigenschappen en omgevingscondities en worden middels generieke gebeurtenissenbomen beschreven. De eigenschappen en condities beïnvloeden zowel het gedrag van de vrijgekomen stof, als ook (de ernst van) het uiteindelijke effect.

Voorbeeld: de mate van vluchtigheid van een stof bepaalt de fractie die na vrijkomen (vrijwel onmiddellijk) in dampvorm overgaat, en hoeveel er dus in een plas terecht komt. De hoeveelheid gevormde damp bepaalt, samen met de reactiviteit van de stof, vervolgens weer de kans dat de dampwolk wordt ontstoken. En de omgeving is sterk bepalend voor de vraag of die ontbranding met explosie-effecten gepaard gaat of niet.

De huidige rekenmethodieken bevatten vereenvoudigingen in de specificatie van de vervolggebeurtenissen, omdat validatie slechts voor een beperkt aantal stoffen beschikbaar is. Wanneer meer specifieke gegevens bekend zijn, of validatie voor 'niet passende' situaties beschikbaar komt, kan het gewenst zijn om de standaard vervolggebeurtenissen uit te breiden of te specificeren.

Van aanpassingen in de vervolggebeurtenissen (gebeurtenissenbomen) kan sprake zijn bij:

- a. Nieuw inzicht in het gedrag van een specifieke stof of zijn uitstroming, waardoor een of meer andere effectmodellen toe te passen zijn voor de betreffende stof(categorie). Ook kan een herdefiniëring gewenst zijn van stofcategorieën (vooral van toepassing op transportrisico's en PGS15-inrichtingen) en van de selectie van de representatieve stof.
- b. Beter inzicht in de randvoorwaarden van de effectmodellering, bijvoorbeeld de condities die van invloed zijn op plasvorming, dampvorming, dispersie, duur van het effect.
- c. De meerdere effecten die bij sommige LoC's worden beschouwd vanwege de aard en eigenschappen van de vrijkomende stof. Voorbeeld: een stof kan zowel brandbaar als toxisch zijn of zowel een flash fire als explosie vertonen⁴. Er kunnen specifieke stoffen of omstandigheden zijn waarvoor de voorgeschreven verdeling niet adequaat is.
- d. Nieuw inzicht in de kans van optreden van vervolggebeurtenissen. Voorbeelden: ontsteking direct versus vertraagd; detectie en alarmering, ingreep hetzij automatisch of door menselijk handelen, enzovoort.

Type 3. Aanpassing van effectmodellen

De huidige rekenmethodieken omvatten een set van effectmodellen waarmee alle denkbare, voor externe veiligheid relevante LoC events worden doorgerekend. De modellen zijn deels gebaseerd op fysica; hiervoor zal niet snel aanleiding zijn tot aanpassing. Een ander deel is gebaseerd op experimenteel

³ Voor transport begint het invloedsgebied vrijwel direct buiten de route waardoor een criterium praktisch niet haalbaar zal zijn.

⁴ Met het gelijktijdige optreden van effecten wordt tot op heden geen rekening gehouden.

werk waarbij effectmodellen en bijbehorende parameters zijn afgeleid van waarnemingen. Omdat bruikbare experimenten veelal schaars zijn, zijn modellen en modelparameters vaak geëxtrapoleerd. Deze extrapolaties hetzij naar een andere schaal (veelal groter), hetzij naar andere stoffen zijn soms twijfelachtig.

Van aanpassing in effectmodellen kan sprake zijn bij:

- a. Het beschikbaar zijn van een 'beter' model of het niet adequaat zijn van de rekenmodellen voor fysische effecten en/of het voor de onderhavige situatie passend/gevalideerd model of rekenprogramma. Een effectmodel uit de literatuur kan adequater het gedrag van een bepaalde stof of stofcategorie beschrijven. In sommige gevallen zal al een rekenpakket voor een alternatief model beschikbaar zijn.
- b. Nieuwe inzichten die verbetering of oplossing voor bestaande kennisleemtes bieden. Hiertoe behoort bijvoorbeeld het beschikbaar komen van nieuwe of beter gevalideerde effectmodellen. Ontwikkelingen van processen of stoffen kunnen het wenselijk maken om de effecten van het vrijkomen van een gevaarlijke stof beter te beschrijven. Verschil met de situatie onder a. (beter rekenmodel/pakket beschikbaar) is dat er nu alleen een mathematische beschrijving van het model is welke nog niet is uitgewerkt.
- c. Verbeterde letselmodellen voor brand of explosie. Nieuwe inzichten in schade of letsel door warmtestraling of in de berekening van de blootstelling aan hitte of aan fragmenten.
- d. Nieuwe inzichten in kwantificering van mitigerende maatregelen en bescherming, zoals vluchten of schuilen die een significante invloed hebben op het berekende risico.

6.3. Voorbeelden

Tabel 2 bevat voorbeelden van onderwerpen die onder de hierboven genoemde aanleidingen verstaan kunnen worden. Benadrukt wordt dat dit niet bedoeld is als een voorselectie van onderwerpen waarvoor een aanpassing wordt voorgesteld.

Tabel 2 Voorbeelden van aanpassing van LoC events

Item, Aanleiding	Voorbeeld case
1. LoC events	
a. Ontbreken van een LoC, bijv. <ul style="list-style-type: none"> • Nieuw ongeval, n.a.v. casuïstiek of een incident elders • Niet eerder meegenomen ongeval, op voorstel initiatiefnemer • Nieuwe technologie of insluitsysteem 	<ul style="list-style-type: none"> • Buncefield; Texas refinery; Toulouse • Boil-over olietank; warme BLEVE bij wegtransport • CO₂ ondergrondse opslag; opslag vloeibare H₂
b. Wijziging van beleidskeuzes	<ul style="list-style-type: none"> • Voortaan ook natuurrampen in QRA meenemen • Voortaan ook terroristische aanslagen in QRA meenemen • Aanvulling/uitbreiding naar aanleiding van (EU-)regelgeving
c. Schrappen niet geloofwaardig event	<ul style="list-style-type: none"> • Instantaan falen double-wall, double-integrity tank
d. Schrappen niet-EV-relevant event	<ul style="list-style-type: none"> • Klein lek van brandbare vloeistof
e. Herdefiniëring LoC events	<ul style="list-style-type: none"> • Risico wordt onevenredig zwaar gedomineerd door een enkele LoC event, bijv. bij compressoren

Item, Aanleiding	Voorbeeld case
2. Vervolggebeurtenissen	
a. Inzicht in stofgedrag	<ul style="list-style-type: none"> • Fractie van uitregenen bij tweefasen uitstroming (instantaan of continu) • Definitie van stofcategorieën en representatieve stof
b. Randvoorwaarden effectmodellering	<ul style="list-style-type: none"> • Differentiatie plasdiepte • Effectiviteit tankput • Correctiefactor voor tankput overflow
c. Verdeling effecten	<ul style="list-style-type: none"> • Combinatie-effect wolkbrand + explosie
d. Specificatie conditionele vervolgekansen	<ul style="list-style-type: none"> • Realiteit ontstekingskans = 1? • Effectiviteit maatregelen/ingrepen
3. Effectmodellen	
a. Beschikbaarheid van beter model	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamisch gedrag vuurbal bij BLEVE • Roetfractie op vuurbal, fakkel en plasbrand
b. Nieuw wetenschappelijk inzicht	<ul style="list-style-type: none"> • Modellering supersone gasuitstroming • Vuurbal bij anders dan LPG • Fakkelfmetingen en -hittestraling bij hogedruk gasuitstroming
c. Verbeterde letselmodellen voor brand of explosie	<ul style="list-style-type: none"> • Hittestraling van waterstofbrand (fakkel, vooral UV) • Uitbreiding QRA met blootstelling aan fragmenten
d. Kwantificering mitigerende maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> • Kansreductie • Effectreductie door ingrijpen • Effectiviteit van schuilen

Bijlage 7 Achtergrond Protocol Faalfrequenties

7.1. Inleiding

De definitie van een faalfrequentie is 'het aantal malen dat in een bepaalde periode (meestal een jaar) een bepaalde gebeurtenis wordt verwacht'. In de rekenmethodieken wordt soms de faalkans per voertuigkilometer per jaar, per verlading, per vliegbeweging enzovoort voorgeschreven. De afleiding van deze faalkans wordt in het Protocol Faalfrequenties beschreven. De wijze van inventarisatie van het aantal trekkingen (bijvoorbeeld verladingen) om van de faalkans (per verlading) te komen tot de faalfrequentie (per jaar) maakt geen onderdeel van dit protocol uit. Dit is onderdeel van de nadere uitwerking in een concrete casus.

De afleiding van deze faalfrequentie wordt in het Protocol Faalfrequenties beschreven. Het doel van het Protocol Faalfrequenties is een eenduidige procedure voor de afleiding van faalfrequenties voor zowel de initiatiefnemer als de Beheergroep.

Het Protocol Faalfrequenties valt uiteen in drie delen, op basis waarvan een faalfrequentie kan worden afgeleid. In eerste instantie gebeurt een afleiding op basis van statistiek van het betreffende systeem(onderdeel). Mocht dit niet mogelijk zijn, dan wordt er gekeken naar analoge systemen. Mochten deze beide niet tot een resultaat leiden, dan kan er met behulp van expert judgement een faalfrequentie worden vastgesteld.

7.2. Statistiek

Bij het verzamelen van geschikte statistiek is de validiteit van de data van belang. Van belang hierbij zijn:

- de representativiteit van de data voor het systeem(onderdeel) waarvoor de faalfrequentie wordt afgeleid;
- de afleiding van het aantal incidenten en waarnemingen (statistiek);
- de geschiktheid van de data voor de Nederlandse situatie.

Aan deze factoren worden eisen gesteld. Daarnaast worden ook aan de wijze van registratie en openbaarheid van de data eisen gesteld (verifieerbaarheid van de data).

Incidenten en waarnemingen

De faalfrequentie wordt in de regel afgeleid voor een representatieve Loss of Containment (LoC). Zo representeert de LoC 'instantaan falen' een set van mogelijke releases. Daarom kan niet volstaan worden met het inventariseren van incidenten waarbij de inhoud in nul seconden is vrijgekomen, maar moeten ook incidenten met een uitstroomduur van x seconden worden meegenomen. Zie ook de definities in Bijlage 1.

Bij het verzamelen van de relevante incidenten zal naast het representatief zijn van de data voor het systeem ook rekening met de beschrijving van de LoC moeten worden gehouden. Hier ligt een relatie met het onderdeel 'scenario's' waar aandacht wordt gegeven aan de releases die aan een representatieve LoC worden of zijn toegekend. Op basis van de verzamelde statistiek moet worden nagegaan of een representatieve set van LoC's aangepast dan wel uitgebreid moet worden.

Voor de bepaling van een faalfrequentie moet een tijdsperiode worden geselecteerd met gegevens die representatief zijn voor de huidige situatie. De eenheid van de waarneming moet overeenkomen met de eenheid van de noemer van de faalfrequentie (per jaar, per kilometerjaar, per uur, per verlading, per vliegbeweging). Uitgangspunt is dat minimaal over de laatste 30 jaar inzicht wordt gegeven in het aantal incidenten en de hoeveelheid ervaring.

Het aantal waarnemingen (jaren, kilometerjaren, verladingen enzovoort) dient een duidelijke relatie te hebben met het systeem dat wordt onderzocht. Indien bijvoorbeeld voor spoortransport een faalfrequentie voor stationslocaties wordt afgeleid, moet het aantal incidenten en waarnemingen gebaseerd zijn op de treinkilometers over de stationslocaties en niet op het volledige spoornet. Indien een faalfrequentie voor verlading op een benzinestation wordt afgeleid, kunnen niet zomaar de verladingen op de raffinaderij in de statistiek worden meegenomen. Wanneer incidenten, en dus risico's zich concentreren op een deel van de inrichting of deel van de transportroute, moet hier specifiek rekening mee worden gehouden.

7.3. Analogon

Bij toepassing van een analogon wordt niet direct gebruikgemaakt van specifieke informatie voor het te onderzoeken systeem(onderdeel) (hierna het analoge systeem), maar wordt de faalfrequentie analoog aan die van een ander (vergelijkbaar) inrichting- of transportonderdeel (hierna het bronsysteem) vastgesteld. Naar een analogon wordt gekeken als er geen of te weinig statistiek is voor het afleiden van een specifieke faalfrequentie. Bij het gebruik van een analogon zal op het punt van validiteit en robuustheid van het faalcijfer worden ingeboet. Bij het opstellen van de randvoorwaarden bij gebruik van een analogon is vooral aandacht geschonken aan het aspect validiteit. De aspecten transparantie en verifieerbaarheid worden niet beïnvloed door de overgang naar een analogon.

Bij het gebruik van een analogon kan het voorkomen dat andersoortige incidenten worden beschouwd dan die vallen onder de definitie van een incident. Dit is bijvoorbeeld het geval als het geschikt geachte bronsysteem geen gevaarlijke stof, maar water of melk bevat.

7.4. Expert judgement

Als voor de afleiding van een faalfrequentie geen geschikte statistiek of analogon beschikbaar is, kan gebruikgemaakt worden van expert judgement. Hieronder wordt in de huidige QRA-praktijk veelal verstaan 'het voor een specifieke kwestie bij elkaar zetten van enkele "deskundigen" om tot een uitspraak te komen'. Voor dit protocol is gezocht naar fundamenteel andere wijzen van expert judgement vanwege het streven om de afleiding van faalfrequentie zo goed en helder mogelijk te onderbouwen. Een aantal vormen van expert judgement wordt beschreven in [13]. Voor het doel van dit protocol worden twee methoden voorgesteld: TU Delft-methode en de Delphimethode.

7.5. Afleiding faalfrequentie via statistiek of analogon

Er kunnen verschillende benaderingen worden gebruikt om vanuit de gevonden statistiek de faalfrequentie af te leiden. Eén manier is om het aantal gevonden incidenten te delen door het aantal waarnemingen. Op basis hiervan wordt een gemiddelde waarde bepaald. Een andere benadering is uitgaan van een

statistische benadering waarbij op basis van kansverdelingen de faalfrequentie wordt afgeleid. Op deze manier kan rekening worden gehouden met onzekerheden en kan een zekere robuustheid in de afgeleide faalfrequentie worden ingebouwd. Ook kan dan beter rekening worden gehouden met de casussen waar het aantal incidenten gelijk aan nul is. Gevolg van deze keuze voor een statistische benadering is wel dat de definitie van een LoC eenduidig moet zijn, dit wordt nader toegelicht in Bijlage 2. Zie verder de aanbevelingen in Bijlage 14.

Afhankelijk van de noemer van de frequentie wordt uitgegaan van een binominale of Poissonverdeling.

- Indien de noemer van de eenheid van de faalfrequentie aftelbaar is (bijvoorbeeld per verlading) wordt uitgegaan van een binominale verdeling.
- Indien de noemer van de eenheid van de faalfrequentie continu is (bijvoorbeeld per jaar) wordt uitgegaan van een Poissonverdeling.

Overigens kan indien n (waarnemingen) $\cdot p$ (faalfrequentie) < 5 de binominale verdeling worden benaderd door een Poissonverdeling.

De gekozen betrouwbaarheid (percentielwaarde) geeft aan wat de kans is dat de verwachtingswaarde van de faalfrequentie onder de gekozen bovengrens ligt. Bij gebruik van een 95-percentielwaarde ligt de verwachtingswaarde van de faalfrequentie met een kans van 95 procent binnen de berekende bovengrens. Bij een 50-percentielwaarde is de kans dat de verwachtingswaarde binnen de berekende bovengrens ligt 50 procent.

Door de departementale beleidskern zal een keuze worden gemaakt voor een van de verschillende methoden (gemiddelde waarde, 50-percentiel, 95-percentiel). Deze keuze maakt daarom geen onderdeel uit van het protocol 'faalfrequenties'.

In Tabel 3 wordt voor het voorbeeld van 1 miljoen plaatsgevonden verladingen aangegeven wat de afgeleide faalfrequentie is bij een gekozen betrouwbaarheidsgrens van 50 of 95 procent (50-percentielwaarde en 95-percentielwaarde). Tevens is opgenomen wat de berekende gemiddelde waarde is en met welk betrouwbaarheidsniveau deze overeenkomt.

Tabel 3 Invloed van de gekozen betrouwbaarheidsgrens op de afgeleide faalfrequentie en de verhouding tot de gemiddelde waarde

Aantal incidenten	Betrouwbaarheid		Gemiddelde	
	50%	95%	waarde	% betrouwbaarheid
0	$6,9 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-6}$	0	-
1	$1,7 \times 10^{-6}$	$4,7 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-6}$	27
2	$2,7 \times 10^{-6}$	$6,3 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-6}$	32
5	$5,7 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-6}$	38
10	$1,1 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$	42

In Bijlage 3 worden de Excelformules gegeven die gebruikt kunnen worden voor het afleiden van de faalfrequenties. Hierbij zijn ook de formules van de binominale verdeling en de Poissonverdeling opgenomen.

Indien het een actualisatie van een faalfrequentie betreft kan op basis van de beschikbare data de ondergrens (conservatieve waarde) van de nieuwe faalfrequentie worden vastgesteld. Indien bij een daadwerkelijke vaststelling van de faalfrequentie deze ondergrens als nieuwe waarde wordt voorgesteld, zal na acceptatie door de departementele beleidskern deze waarde de nieuwe te hanteren faalfrequentie worden.

Bijlage 8 Achtergrond bij Protocol Maatregelen

In het Protocol Maatregelen wordt aangegeven hoe maatregelen of voorzieningen die nog geen onderdeel uitmaken van een vastgestelde rekenmethodiek in de berekeningen kunnen worden gewaardeerd. Voor maatregelen die op een standaardwijze in een QRA worden gewaardeerd (bijvoorbeeld een parameter als het verminderen van het aantal verladingen) geldt dit protocol niet.

Bijlage 9 Achtergrond bij Protocol Vervolgkansen/-gebeurtenissen

Bij vervolggebeurtenissen gaat het om alle takken van de gebeurtenissenboom. De vervolgkansen omvatten alle kansen die in de risicoberekening gebruikt worden na de LoC.

Bijlage 10 Voorbeeld: Casus Modelling Overtopping

Disclaimer:

Dit voorbeeld is opgesteld om de werking van het protocol te testen voor het onderdeel 'Scenario's en modellering' (specifiek: modellering). Dit voorbeeld is niet formeel getoetst op de uitgangspunten en randvoorwaarden die gesteld worden aan een voorstel. Dit betekent onder meer dat dit voorstel niet beoordeeld is op volledigheid en de beoordelingscriteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit.

Voorstel voor aanpassing modellering effectiviteit van tankput voor atmosferische opslagtanks

Initiatiefnemer: Koos Ham (TNO)

Datum: 1 juni 2010

10.1. Aanleiding

In de huidige rekenmethodiek BEVI wordt aanbevolen om voor het LoC 'instantaan vrijkomen van de tankinhoud, binnen een tankput' rekening te houden met zogenaamde 'overtopping': de mogelijkheid dat een gedeelte van de vrijkomende vloeistof over de rand van de tankputwand golft en een plas vormt buiten de tankput.

Als algemene rekenregel wordt aanbevolen om het verdampingsoppervlak van de vloeistof hierop te corrigeren, en een plasoppervlak aan te nemen dat 1,5 maal zo groot is als het oppervlak van de tankput. Dit is gebaseerd op waarnemingen dat (gemiddeld) 1/3 van de uitgestroomde vloeistof als eenloedgolf over de tankputwand stroomt.

Naar de mening van initiatiefnemer wordt in deze aanbeveling een versimpeling aangebracht die niet correct is en die het potentiële risico (of effectgebied) ernstig kan onderschatten. Een meer correcte modellering wordt voorgesteld.

10.2. Onderbouwing

In de Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HaRi), pagina 110 – 111, wordt onderzoek van HSE-UK aangehaald waarin de omvang van de overtopping wordt beschreven. Afhankelijk van de verhouding tussen de hoogte van de vloeistofkolom (tankvulling) en de hoogte van de putwand/-dijk kan de overtopping 20–70 procent van de uitgestroomde hoeveelheid bedragen.

De in de HaRi aanbevolen waarde van 33 procent als generiek toe te passen factor voor het aandeel overtopping in QRA's in Nederland is op zichzelf al aan de lage kant voor deze range.

Maar de aanname dat het plasoppervlak van de uitstroming slechts evenredig zal toenemen moet als onjuist worden bestempeld.

Een eenvoudige redenering zal deze onjuistheid verduidelijken:

- De hoogte van een tankputwand is gewoonlijk 1–3 m. Neem hiervoor aan: 2 m, waarvan door overdimensionering ongeveer 1 m plashoogte zal worden 'gebruikt'. Hierin komt 2/3 van de uitgestroomde hoeveelheid terecht.

- Circa 1/3 van de uitstroming komt in een vrijspredende plas terecht. De hoogte (laagdikte) van zo'n plas bedraagt gewoonlijk 5–20 mm, ofwel 0,005 – 0,020 m. De vloeistof zal buiten de tankput dus een oppervlakte vormen van 1/0,005 tot 1/0,02 = 200 – 50 maal het oppervlak binnen de tankput. De laagste schatting is een factor 50, bij een plaslaagdikte van 20 mm.
- Wanneer wordt aangenomen dat 1/3 van de vloeistof buiten de tankput terecht komt, dan kan het plasoppervlak ($1 + 0,33 \cdot 50 =$) 18x het tankputoppervlak bedragen. De aanbeveling in de HaRi geeft 1,5 maal het tankputoppervlak. Met de HaRi-benadering wordt het plasoppervlak dus ongeveer een factor 12 onderschat. Bij een vlak terrein rondom de tankput zal de vrijspredende laagdikte kleiner zijn (bijvoorbeeld 5 mm), waarbij de onderschatting van het plasoppervlak zelfs een factor 50 (!) kan bedragen.

10.3. Aanbeveling

De bestaande modellering voor overtopping van een tankput dient te worden aangepast, om de huidige incorrecte onderschatting van de plasverdamping uit te sluiten. Voor de massa vloeistof die buiten de tankput geraakt, dient een realistisch plasoppervlak te worden bepaald, uitgaande van de laagdikte van een vrijspredende plas.

Bijlage 11 Voorbeeld: Casus Modelling Boil-over

Disclaimer:

Dit voorbeeld is opgesteld om de werking van het protocol te testen voor het onderdeel 'Scenario's en modellering' (specifiek: scenario). Dit voorbeeld is niet formeel getoetst op de uitgangspunten en randvoorwaarden die gesteld worden aan een voorstel. Dit betekent onder meer dat dit voorstel niet beoordeeld is op volledigheid en de beoordelingscriteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit.

Voorstel voor uitbreiding van LoC's voor atmosferische opslagtanks: Boil-Over

Initiatiefnemer: Koos Ham (TNO)

Datum: 1 juni 2010

11.1. Aanleiding

In de huidige rekenmethodiek BEVI worden voor atmosferische opslagtanks drie LoC's beschouwd:

- instantaan falen van de opslag
- lekkage zodanig dat de gehele tankinhoud uitstroomt in 10 minuten (bij constant debiet)
- lekkage van tankwand, met een gatdiameter van 10 mm

In het verleden zijn enkele ernstige incidenten met dodelijk letsel gebeurd door het optreden van een zogenaamde 'boil-over' van een opslagtank. Dit LoC wordt in de voorgeschreven rekenmethodiek niet beschouwd. De casuïstiek toont aan dat dit fenomeen als denkbaar en EV-relevant moet worden beschouwd. In enkele EU-lidstaten is dit scenario dan ook voorgeschreven om te beschouwen in de risicoanalyse binnen de veiligheidsrapportage volgens SEVESO-II; voorbeelden zijn Spanje en Frankrijk.

In deze notitie wordt aanbevolen om het fenomeen 'boil-over' toe te voegen aan de LoC events voor atmosferische opslagtanks.

11.2. Korte beschrijving van 'boil-over'

Het fenomeen van boil-over ('overkoken') kan vooral optreden bij de opslag van vloeistoffen met een niet-homogene samenstelling, vooral bij stoffen met uiteenlopende kookpunten. Ruwe aardolie is hiervan het bekendste voorbeeld, maar ook bij andere mengsels kan het fenomeen optreden.

Voorwaarde voor het ontstaan van een boil-over is de aanwezigheid van een laag(je) water onderin de opslagtank. Wanneer een brand optreedt, hetzij in de tank zelf, dan wel in een plas rondom de tank, dan zullen aanvankelijk vooral de lichtere (vluchtige) stoffen uit de opslag verdampen en/of verbranden. De kooktemperatuur van de opgeslagen stof zal daardoor geleidelijk stijgen, en datzelfde geldt voor de opslagtemperatuur. Wanneer na enige tijd de temperatuur van de tankinhoud is gestegen tot boven 100 °C zal de waterlaag onderin gaan koken. Omdat de opgeslagen vloeistof door ontsnapping van de lichtere componenten steeds viskeuzer is geworden, kunnen de

waterdampbellen niet ontsnappen via de vloeistoflaag. De toenemende druk van de waterdamp is vervolgens in staat om de erboven liggende vloeistoflaag (olie) omhoog te drukken. Deze vloeistof kookt vervolgens over de tankrand heen en kan ontbranden in een vuurbalachtig verschijnsel. De effecten hiervan reiken potentieel (veel) verder dan die van een tankput-plasbrand. Een straal van de vuurbal van meer dan 100 meter is daarbij geen uitzondering. Ook bij bestaande aardolie-opslagtanks in Nederland kan een boil-over niet worden uitgesloten.

11.3. Beschikbare kennis en informatie

In Frankrijk is reeds veel aandacht besteed aan onderzoek naar en modellering van boil-over-gebeurtenissen, onder meer door INERIS. In de casuïstiek zijn circa tien van dergelijke gebeurtenissen beschreven. Omdat er meestal geruime tijd verstrijkt (vaak > 24 uur) tussen het ontstaan van een tankbrand en het moment dat de waterlaag zijn kookpunt bereikt en de boil-over kan optreden, is er gelegenheid tot ontruiming van het omliggende gebied. Slachtoffers bij opgetreden boil-overs vielen dan ook vooral onder responders, zoals de brandweer, die dichtbij de brand (moesten) verblijven.

Het onderzoek van INERIS omvat onder meer de volgende onderdelen:

- Vaststellen van de criteria/omstandigheden waaronder een boil-over kan ontstaan. Dit betreft vooral het criterium van de samenstelling van de opgeslagen vloeistof: breed kooktraject, potentie om viskeus (stroperig) te worden.
- Modellering van het ontstaan van een boil-over: duur tot ontstaan van de B.O., massa vloeistof in opslag op moment van B.O., massa vloeistof in de vuurbal, enzovoort.
- Afmetingen en duur van de vuurbal, surface emissive power, enzovoort; de hittestraaling wordt vervolgens berekend op analoge wijze als bij een BLEVE van LPG.

De boil-over kan resulteren in brandverwondingen door direct vlamcontact, door hittestraaling en door vallende onverbrande hete vloeistof. De effecten kunnen tot enkele honderden meters reiken. Bovendien zijn domino-effecten (secundaire branden in nabijgelegen opslaginstallaties) niet uit te sluiten.

11.4. Toetsing aan beoordelingscriteria

Transparantie:

- Bovenstaande beschrijving van de boil-over geeft (het ontstaan van) het fenomeen goed weer.
- Het is helder dat dit LoC in de huidige systematiek (ten onrechte) ontbreekt. Of: het is niet aangetoond dat dit LoC in de rekenmethodiek BEVI buiten beschouwing mag blijven.
- Er zijn referentiedocumenten van INERIS en anderen [1, 2, 3].

Verifieerbaarheid:

- Boil-over betreft een incident dat bij meerdere tankbranden in het verleden is opgetreden en in de literatuur meermalen is beschreven.
- Het betreft daarom een geloofwaardig ongeval.

Robuust:

- Het door INERIS beschreven effectmodel voor boil-over voor (categorieën van) brandbare vloeistoffen is robuust en is consistent met zijn analoon voor tot vloeistof verdichte gassen: BLEVE bij LPG.

- Ontbreken van de boil-over in de LoC's voor atmosferische opslagtanks veroorzaakt potentieel een onderschatting van de risico's.

Validiteit, correctheid:

- Weliswaar bestaat de indruk dat het INERIS-model vrij conservatief is, vooral ten aanzien van de aangenomen massa vloeistof in de vuurbal, maar de historie toont aan dat een boil-over een fatale uitwerking kan hebben.

Validiteit, veiligheidsrelevantie:

- Naar verwachting is de boil-over het bepalende LoC in een risicoanalyse, in ieder geval ten aanzien van de effectafstand, c.q. het invloedsgebied.
- De relevantie uit risico-oogpunt zal moeten blijken bij de bepaling van de faalfrequentie. De boil-over is in ieder geval een scenario waarvoor effectief een aantal maatregelen zijn in te zetten, vooral preventieve.

11.5. Conclusie

Aanbevolen wordt om de boil-over als LoC event te definiëren voor het insluitsysteem atmosferische tankopslag.

11.6. Referenties

- [1] INERIS, Direction des Risques Accidentels
(voor Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, La France)
Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques accidentels
Ω-13: BOILOVER
Mars 2003
- [2] Groupe de Travail Dépôts Liquides Inflammables – Version 01
Les boil over et autres phénomènes générant des boules de feu concernant les bac des dépôts de liquides inflammables
Juin 2007
- [3] Union Française des Industries Pétrolières (UFIP)
Guide Méthodologique pour la réalisation des études de dangers en raffineries, stockages et dépôts de produits liquides et liquéfiés
Volume II: Modèles normalisés de quantification
Mai 2001

Bijlage 12 Voorbeeld: Casus Faalfrequenties Spoor

Disclaimer:

Dit voorbeeld is opgesteld om de werking van het protocol te testen voor het onderdeel 'Faalfrequentie'. Dit voorbeeld is niet formeel getoetst op de uitgangspunten en randvoorwaarden die gesteld worden aan een voorstel. Dit betekent onder meer dat dit voorstel niet beoordeeld is op volledigheid en de beoordelingscriteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit.

Indicatieve vergelijking van de faalfrequenties spoor die volgen uit de twee benaderingen (gemiddelde waarde en statistisch) van het protocol scenario's en faalfrequenties (uitgewerkt als casus van het protocol)

Initiatiefnemer: Bert Wolting (RIVM-CEV)

Datum: mei 2010

12.1. Opzet

- Het protocol noemt in paragraaf 3.6 voor de afleiding van een faalfrequentie twee benaderingen (gemiddelde waarde en als voorkeursmethode de statistische benadering).
- De vergelijking gaat uit van het interimrapport faalcijfers spoor (29/5/09)⁵ waarin voor de segmenten vrije baan en emplacement voor de casuïstiekperiode 1996-2005 is vastgesteld:
 - 0 incidenten met EV-relevante uitstroming van EV-relevante stoffen in Nederland in 10 jaar (*statistische benadering*)
 - 42 ongevallen met goederentreinen in Nederland⁶ waaruit de basisfaalfrequenties zijn afgeleid (*de gemiddelde waarde benadering*). De vervol kans is afgeleid van Europese ongevallen met EV-relevante uitstroming.
- Gerekend is met $1,13 \times 10^7$ goederentreinkm/jaar (is het gemiddelde over 6 jaar (2001-2007) en het beste getal volgens Prorail).
- Omgerekend is dit totaal $2,26 \times 10^9$ wagenkm (20 wagons/trein) in 10 jaar (= casuïstiekperiode).
- Voor de wagenkilometers per segment (vrije baan & emplacement) is aangesloten bij Bijlage 5 van het interimrapport (vrije baankm = totaal km - totaal emplacementenkm)

12.2. Resultaten

- De faalfrequentie die volgt uit de spreadsheet voor de Poissonverdeling is toegevoegd aan de juli 2009 gerapporteerde vergelijking (Statistische/Analogon).

⁵ Het rapport is nog niet openbaar maar voor DORA-leden wel in te zien op:

<http://project.healthandsafety.nl/do/document/?id=115826-766f66646f63>.

⁶ Vastgesteld is dat het analogon voldoet aan de in het protocol genoemde uitgangspunten (par. 3.4.1) en randvoorwaarden par. 3.4.2). De beschrijving van het voldoen aan de voorwaarden van het protocol moet in een formeel document worden beschreven.

- Vergeleken voor een 'dunne' ketelwagen (= 'worst case' en meest gebruikt) is dit afhankelijk van het spoorsegment voor:
 - 95 procent betrouwbaarheidsgrens: een factor 3,0 - 1,4 hoger
 - 50 procent betrouwbaarheidsgrens: een factor 0,7 - 0,3 lager
- Opgemerkt wordt dat de waarden in het interimrapport zeer conservatief zijn afgeleid en uiteindelijk lager zullen uitkomen => de *statistische benadering* gaat conservatiever uitkomen
- De *statistische benadering* geeft 1 faalfrequentie waardoor onderscheid onmogelijk is in bijvoorbeeld:
 - type ketelwagen (atmosferische/dun of druk/dik)
 - type ongeval (botsing en ontsporing)
 - aantal wagens beschadigd per segment
 - invloed van overweg, wissel, snelheid enzovoort
 - opsplitsen op basis van schatting aantal kilometers vervoer dunne/dikke wagens?

12.3. Beeld

Alleen uitgaan van Nederlandse spoorongevallen met uitstroming van gevaarlijke stoffen leidt uiteindelijk tot hogere risico's, voor zowel 50 als 90 procent betrouwbaarheidsgrens. Ook wordt de ontwikkeling van de rekenmethodiek en de waardering van maatregelen beperkt door het buiten beschouwing laten van alle goederentreinongevallen in Nederland en die met relevante uitstroming gevaarlijke stoffen uit de rest van Europa. Verzamelen van zo veel mogelijk casuïstiek (conform paragraaf 3.3) blijft dus zinvol.

Bijlage 13 Voorbeeld: Casus Analogon voor bovengrondse leidingen

Disclaimer:

Dit voorbeeld is opgesteld om de werking van het protocol te testen voor het onderdeel 'Analogon'. Dit voorbeeld is niet formeel getoetst op de uitgangspunten en randvoorwaarden die gesteld worden aan een voorstel. Dit betekent onder meer dat dit voorstel niet beoordeeld is op volledigheid en de beoordelingscriteria transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit.

Opsteller: Leendert Gooijer (RIVM-CEV)

13.1. Aanleiding

Voor de actualisatie van de scenario's en faalfrequentie van bovengrondse hogedruk-aardgasleidingen binnen inrichtingen is het Protocol Faalfrequenties gevolgd. Dit betekent dat eerst naar de casuïstiek is gekeken. Op basis van de informatie uit de industrie is gebleken dat er geen incidenten met bovengrondse leidingen bekend zijn. Dit is de reden om na te gaan of er een geschikt analogon is voor de afleiding van de faalfrequenties voor deze bovengrondse hogedruk-aardgasleidingen binnen inrichtingen.

Als mogelijk bronsysteem zijn de ondergrondse transportleidingen (buiten inrichtingen) genoemd. Hierover is casuïstiek beschikbaar [1]. In deze notitie is beschreven waarom deze hogedruk-aardgastransportleidingen als analogon gebruikt kunnen worden.

13.2. Geschiktheid analogon

Om de geschiktheid van het analogon aan te geven zijn de criteria uit het protocol als leidraad gehanteerd.

De *functie* van de bovengrondse leidingen (= analoge systeem) en de transportleidingen (= bronsysteem) is gelijk. In beide gevallen gaat het om het transport van aardgas van de ene naar de andere installatie. Het enige verschil is de lengte van de leidingen. Op een inrichting zijn de leidingen korter dan de transportleidingen buiten een inrichting.

Wat de *uitvoering* betreft, geeft de beschikbare informatie dat voor beide systemen dezelfde standaarden en codes worden gehanteerd. Er zit wel een verschil in de verbindingen van de verschillende leidingdelen. Bij bovengrondse leidingen worden hiervoor flensverbindingen gebruikt, terwijl bij ondergrondse transportleidingen de delen aan elkaar zijn gelast. Dit heeft te maken met het feit dat bij bovengrondse leidingen meestal meetapparatuur aanwezig is. Voor het onderhoud of vervanging hiervan zijn flensverbindingen makkelijker.

Het *onderhoud- en inspectieregime* richt zich in beide systemen op aspecten als wanddikte en corrosie. Inhoudelijk zijn er hierbij wel verschillen. Voor ondergrondse transportleidingen wordt kathodische bescherming als 'continu onderhoudssysteem' gebruikt ter voorkoming van corrosie. Voor bovengrondse leidingen met isolatie zijn aparte inspectieprogramma's aanwezig waarbij het optreden van corrosie visueel wordt gecheckt. Als er een lek is ontstaan zal dit bij bovengrondse leidingen ook hoorbaar zijn.

De druk is een belangrijke *procesconditie* en die is in beide gevallen gelijk. Er zijn wel verschillen wat de temperatuur betreft, omdat bovengrondse leidingen meer blootstaan aan de weersomstandigheden. De beide systemen zijn gelijk wat betreft de *intensiteit* van het gebruik van beide systemen. Wat de 'externe

condities' aangaat, zijn er wel verschillen tussen bovengrondse en ondergrondse leidingen. Zo zijn graafwerkzaamheden als faaloorzaak bij ondergrondse leidingen wel en bij bovengrondse leidingen niet relevant. Dit heeft te maken met de *faaloorzaken*. De volgende zes categorieën van faaloorzaken worden gebruikt [1]:

- a. externe impact, third party activiteit;
- b. corrosie;
- c. constructie en mechanisch falen;
- d. grondverschuivingen of andere natuurlijke gevaren;
- e. hot tap error (abusievelijk een aardgasleiding aanzien voor bijvoorbeeld een waterleiding waarmee een connectie moet worden gemaakt. Hierdoor wordt dus ten onrechte een gat gemaakt in een aardgasleiding die in gebruik is);
- f. overige en onbekende oorzaken.

Het grootste verschil tussen het bronsysteem en het analoge systeem is de externe impact. Bij ondergrondse leidingen zijn graafwerkzaamheden een bepalende faaloorzaak. Bij bovengrondse leidingen is dit niet relevant. In dit geval is het falen als gevolg van botsende voertuigen of vallende objecten bij hijsactiviteiten boven een leiding relevant. Deze twee aspecten moeten als extra faaloorzaken worden beschouwd ten opzichte van de genoemde van het bronsysteem.

Daarnaast zijn er ook verschillen bij de blootstelling aan corrosie. Ook wat betreft het falen van de constructie zijn er verschillen, bijvoorbeeld als gekeken wordt naar trillingen. Er kan echter worden aangenomen dat deze verschillen in de constructiestandaarden voor bovengrondse leidingen zijn verdisconteerd.

Verder worden grondverschuivingen en hot tap error minder relevant geacht voor bovengrondse leidingen binnen inrichtingen.

13.3. Conclusie

De conclusie is dat ondergrondse hogedruk-aardgastransportleidingen (buiten inrichtingen) een geschikt analogon is voor bovengrondse hogedruk-aardgasleidingen binnen inrichtingen. Daarom kan de casuïstiek van het bronsysteem (=ondergrondse hogedruk-aardgastransportleidingen), gebruikt worden voor de afleiding van de faalfrequenties voor het analoge systeem (=bovengrondse hogedruk-aardgasleidingen binnen inrichtingen). Hierbij dient bij de faaloorzaken wel aanvullend naar botsende voertuigen en vallende objecten door hijswerkzaamheden te worden gekeken.

13.4. Referentie

[1] EGIG. Gas pipeline incidents. 7th EGIG report, 1970-2007. EGIG 08.TV-B.0502. 2008.

Bijlage 14 Bijvangst en aanbevelingen

Tijdens de ontwikkeling van het protocol zijn er binnen de werkgroep aspecten naar voren gekomen die niet direct relevant zijn voor de verschillende protocollen, maar die wel relevant zijn binnen het geheel van Modelbeheer. Deze resultaten vormen de bijvangst van het protocol. Daarnaast is er een aantal aanbevelingen geformuleerd.

14.1. Bijvangst

- Tijdens de uitwerking van de voorbeeldcasussen bleek onduidelijkheid te bestaan over de definitie van een extern veiligheidsincident. De discussie ging over de vraag hoe met ontwikkeltijd wordt omgegaan. Worden alle LoC's die pas na een lange ontwikkeltijd (zoals bij een boil-over) zich voordoen buiten beschouwing gelaten? Daarnaast bestaat er verschil van inzicht over welke hoeveelheden en welke stoffen wel of niet EV-relevant zijn. Daarom moet er duidelijkheid komen over de definitie van een EV-incident inclusief een voorstel 'hoe om te gaan met ontwikkeltijd'.
- Voor het gebruik van dit protocol en de ontwikkeling van de risicoanalysemethodieken is het van belang de herkomst van de scenario's te weten. Daarom dienen de scenario's waarvan de herkomst onduidelijk is in kaart te worden gebracht.
- Voor de aanpassing van scenario's is het nodig een beschrijving te hebben van representatieve LoC's.
- Voor het gebruik van dit protocol en de ontwikkeling van de risicoanalysemethodieken is het van belang de herkomst van de faalfrequenties te weten. Daarom dienen de faalfrequenties waarvan de herkomst onduidelijk is in kaart te worden gebracht.
- Om Maatregelen te kunnen waarderen dient er een overzicht te worden opgesteld van welke 'Stand der Techniek' geldt voor elk systeem en hoe dit wordt bijgehouden.

14.2. Aanbevelingen

- Voor het afleiden van een faalfrequentie dient er een keuze te worden gemaakt over de te hanteren betrouwbaarheids grens. Uiteindelijk is dit een beleidskeuze.
- Wanneer een analogon wordt gebruikt voor het bepalen van een faalfrequentie, dient de ontwikkeling van dit analogon bijgehouden te worden. De aanbeveling is dat de Modelbeheergroep de gebruikte analogons periodiek checkt op ontwikkelingen.



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl