

Leidt de LOPA methodiek tot de stand der techniek?

René van Dort¹

Samenvatting

Dit artikel is een analyse van de LOPA methodiek (Layer Of Protection Analysis). Er blijkt dat nog veel spelregels vastgesteld moeten worden voordat een risicomethodiek de toets van de Arbeidsomstandighedenwetgeving kan doorstaan, als dit überhaupt al mogelijk is!

Met name de onvoldoende betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de LOPA methodiek zijn een breekpunt. Tevens ontbreekt een (wettelijke) risiconorm voor interne veiligheid. Hierdoor is het niet mogelijk om met de LOPA methodiek vast te stellen of met de maatregelen een aanvaardbaar risico is verkregen. Volgens de Arbeidsomstandighedenwet is een aanvaard risico verkregen als de stand van de wetenschap en professionele dienstverlening is toegepast, ook wel de stand der techniek genoemd. Het met de LOPA methodiek vastgestelde maatregelen-niveau moet, rekening houdend met het redelijkerwijs principe, minimaal voldoen aan de stand der techniek. Daarnaast geeft het risico van een individueel scenario geen zicht op het daadwerkelijk risico van een arbeidsplaats. Voor een werkelijk risicobeeld moeten de scenario's geaggregeerd worden. Sommatie van scenario's maakt het toetsen van de aanvaardbaarheid van met de LOPA methodiek verkregen risicocijfers complex en arbeidsintensief.

1.0 Inleiding

In dit artikel een uiteenzetting van de beperkingen van LOPA (Layer Of Protection Analysis). Bedrijven maken al sinds jaar en dag gebruik van de LOPA risicoanalyse en -beoordelingstechniek. LOPA lijkt een oplossing voor die bedrijven die geen invulling willen of kunnen geven aan de stand der techniek. Uiteraard dient een met LOPA berekend risicocijfer getoetst te worden aan een risiconorm. Een wettelijke risiconorm voor interne veiligheid is niet beschikbaar, het staat bedrijven vrij zelf een risiconorm te kiezen. Onderzocht wordt wat dit kan betekenen voor het veiligheidsniveau.

Dit heeft geleid tot de onderzoeksvraag; ***Is het mogelijk met de LOPA methodiek betrouwbaar en reproduceerbaar maatregelen vast te stellen leidend tot de stand der techniek?***

En de volgende deelvragen;

1. Welke kaders biedt de Arbeidsomstandighedenwetgeving?
2. Is de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de LOPA methodiek voldoende?
3. Is de bedrijfsrisiconorm vergelijkbaar met het geschatte sterfterisico op een arbeidsplaats?

¹ René van Dort is senior inspecteur bij de directie Major Hazard Control van de Inspectie SZW. Dit artikel is mede gebaseerd op de ervaringen opgedaan in de "Taakgroep Risicomethodiek" ingesteld in het kader van de herziening van de PGS 29:2008. De auteur heeft dit artikel op persoonlijke titel geschreven en heeft zijn visie weergegeven in het kader van de Arbeidsomstandighedenwetgeving.

2.0 Kader Arbeidsomstandighedenwetgeving

De Arbeidsomstandighedenwet kent bepalingen voor de veiligheid en gezondheid van de werknemers. Deze staan hiërarchisch boven elke risicomethodiek. Zo moet de maatregelen hiërarchie in artikel 3 van de wet worden nageleefd:

1. Pas de stand van de wetenschap en professionele dienstverlening toe, ook wel de stand der techniek genoemd in de brief (1) van voormalig minister Donner aan de Tweede Kamer. Stand der wetenschap wil zeggen dat de werkgever bij de vormgeving van zijn beleid rekening houdt met de ontwikkelingen die door vakdeskundigen in brede kring worden aanvaard als goed toepasbaar in de praktijk. De term professionele dienstverlening¹ heeft betrekking op de dienstverlening door arbodiensten, de rol die arbodiensten hebben in het geven van adviezen.
2. Het redelijkerwijs principe met een voorkeur voor bronaanpak en pas als laatste persoonlijke beschermingsmiddelen. Met name dient duidelijk te zijn dat collectieve maatregelen zoals beveiligingen voorgaan boven persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's). De keuze voor het bestrijden van een calamiteit met PBM's volgt dan ook niet de maatregelenhiërarchie als een beveiliging ook het gevaar kan wegnemen. Het is alleen toegestaan een niveau te verlagen als daar goede redenen voor zijn (technische, uitvoerende en economische redenen).

Naast de Arbeidsomstandighedenwet is het Brzo 2015 nog al eens van toepassing op bedrijven die LOPA toepassen. Artikel 5 van het Besluit risico's zware ongevallen 2015 (2) (Brzo 2015) bepaalt dat de exploitant alle nodige maatregelen neemt om zware ongevallen te voorkomen en de gevolgen te beperken. Een risiconorm wordt niet aangereikt met het Brzo 2015.

3.0 Technische maatregelen gaan voor organisatorische maatregelen

De maatregelen hiërarchie genoemd in artikel 3 van de Arbeidsomstandighedenwet kan, op het niveau van collectieve maatregelen, nog verder worden gepreciseerd door technische maatregelen boven organisatorische maatregelen te stellen (3). Dit gedreven door het uitgangspunt "het beschermingsniveau niet afhankelijk te laten zijn van dat menselijk handelen/gedrag". Een voorbeeld hiervan is maatregelen tegen overvullen van een opslagtank met gevaarlijke stoffen. Dit kan met een technische overvulbeveiliging of door een operator in te laten grijpen (organisatorische maatregel) bij dreigend overvullen. Concrete ondersteuning hiervoor vanuit de Arbeidsomstandighedenwetgeving is afwezig. Ook LOPA geeft geen voorkeursvolgorde aan. Ondersteuning voor het hiërarchisch plaatsen van technische- boven organisatorische maatregelen is te vinden in richtlijnen, arbocatalogi, buitenlandse HSE autoriteiten, aanbevelingen van autoriteiten op basis van ongevals-onderzoek. Hieronder weergegeven.

- richtlijnen; Arbo Informatie blad 11 (4) (machinerichtlijn) geeft voeding aan een voorkeur voor technische boven organisatorische maatregelen, evenals Arbokennisnet "Dossier Beheersmaatregelen" (5).
- arbocatalogi; Diverse arbocatalogi schrijven eerst technische- dan organisatorische maatregelen voor (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).
- buitenlandse HSE autoriteiten; In de stukken over risicobeheersing uit United Kingdom, Canada en Australië blijkt dat men in de Angelsaksische wereld steeds spreekt over "engineering controls". Dat zijn dus technische maatregelen die voorgaan op organisatorische (14, 15, 16, 17, 18, 19).
- aanbevelingen van autoriteiten op basis van ongevals-onderzoek (20, 21).

4.0 Onderdelen van de LOPA methodiek nader beschouwd

4.1. Toelichting LOPA methodiek.

De Layer Of Protection Analysis (22, 23, 24) of LOPA methodiek is circa 15 jaar geleden ontwikkeld door industrie experts uit de USA en daarmee een relatief recente risicoanalyse en -beoordelingstechniek. Vanuit Amerikaanse multinationals heeft de LOPA methodiek zich verspreid over Nederland. Door zijn vereenvoudigde en snelle werkwijze is de LOPA een veel gebruikte techniek geworden. De LOPA methodiek kent een aantal vaste stappen. Van één geïdentificeerd ongevalsscenario wordt de frequentie van de initiërende gebeurtenis vastgesteld waarmee het scenario op gang komt. Hierna worden onafhankelijke beschermingslagen gedefinieerd die het scenario kunnen stoppen. De potentiële gevolgen van het scenario worden vervolgens vastgesteld. De frequentie van optreden van het scenario wordt verkregen door faalfrequenties en faalkansen van de initiërende gebeurtenis en onafhankelijke beschermingslagen met elkaar te vermenigvuldigen. Samen met de kans op beperking van de potentiële effecten geeft dit het risicocijfer van dat ene individuele scenario waarvan de aanvaardbaarheid vervolgens getoetst dient te worden aan een risiconorm voor één scenario.

In de hoofdstukken hieronder is weergegeven welke onderdelen de LOPA methodiek behelst en welke aandachtspunten er zijn bij het gebruik. De beschouwing betreft met name de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van deze onderdelen en dus de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de gehele LOPA methodiek.

4.2 Vaststellen van scenario's

Elke risico analyse start met een inventarisatie van de gevaren die kunnen leiden tot ongewenste gebeurtenissen. De LOPA methodiek dient hiertoe geen handreiking. Diverse methodieken zijn voorhanden voor deze inventarisatie, Hazard and Operability Studies (HAZOP), What if analyse, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), near miss data, checklijsten, brainstormen, ongevalscasueïstiek, technische/wetenschappelijke literatuur, etc. Het vraagt

het vermogen om onvoorstelbare scenario's, voorstelbaar te maken om zodoende alle scenario's te kunnen voorzien.

4.3 "Initiating Event Frequency" (IEF) en de "Independent Protection Layer" (IPL)

In de LOPA methodiek is het "Initiating Event" (IE) de gebeurtenis waarmee het scenario op gang wordt gebracht. Net zoals bij een scenario vraagt het creativiteit om alle IE's te kunnen voorzien. De frequentie waarmee de IE zich voordoet wordt de Initiating Event Frequency genoemd.

Een "Independent Protection Layer" IPL is een onafhankelijke "line of defence" (LOD) die het scenario kan stoppen voordat er ongewenste gevolgen zijn of een onafhankelijke LOD die de gevolgen van het scenario kan verminderen. Een groot aandachtspunt bij de IEF en IPL is de betrouwbaarheid van de database waaruit geput wordt. Zo dient de gebruiker van faaldata na te gaan of het is toegestaan de faaldata toe te passen voor de eigen specifieke situatie. In de overweging dient te worden meegenomen of er sprake is van hetzelfde fabricaat, onderhoud, testen en toepassing als de omstandigheden waaronder de faalfrequentie bepaald is?

4.4 "Conditional Modifiers" (CM)

Een Conditional Modifier is een factor die bepaald hoe groot het effect kan worden (slachtoffers of niet). Conditional Modifiers komen in beeld na het LOC. Er zijn vier typen Conditional Modifiers mogelijk; detectie, kans op ontsteking, kans op aanwezigheid en kans op slachtoffers, deze worden hieronder worden besproken. Voor elke Conditional Modifier geldt dat de werking aangetoond moet kunnen worden. Het toestaan van Conditional Modifiers leidt tot meer mogelijkheden om de frequentie van het scenario, op papier, te verlagen. Dit moet dan leiden tot een strengere normering van het aanvaardbaar sterfterisico.

CM detectie

De mogelijkheid om door detectie de gevolgen van een LOC te beperken wordt door sommige bedrijven toegepast in de risicoberekening.

Voorbeelden van de CM "detectie" zijn;

- het toepassen van een fijnmazig gasdetectienet ten behoeve van het detecteren van een LOC.
- controlerondes.
- camerabewaking.

De betrouwbaarheid waarmee een LOC wordt gedetecteerd om zodoende verdere escalatie te voorkomen dient aangetoond te worden. Eenmaal per shift een controle ronde kan betekenen dat er 14 uur geen mogelijkheid is een beginnende lekkage te detecteren. En een operator ronde met een auto zal niet echt helpen bij een lekkage die kan leiden tot een explosieve gaswolk. Een camera-

beeld dat geen aandacht krijgt heeft geen waarde. Indien een werknemer onderdeel uitmaakt van de CM "detectie" is dit niet goed testbaar en auditeerbaar. De betrouwbaarheid is dan niet aantoonbaar voor een toezichthouder.

CM kans op ontsteking

In een gebied waar zich explosieve atmosferen kunnen bevinden worden ontstekingsbronnen geacht te zijn weggenomen, dit wordt gezoned gebied genoemd. "Credits" worden nog al eens toebedeeld als explosieve gaswolken zich verspreiden over gezoned gebied, de gedachte is dat geen ontsteking zal plaatsvinden. Echter, hoe zeker is dat de lekkage stopt of de gaswolk verdunt tot beneden de Lower Explosion Limit² (LEL) voordat een ontstekingsbron wordt gevonden? Zie de onderstaande aandachtspunten;

- allereerst is de praktijkrichtlijn NPR 7910-1³ niet van toepassing voor een explosieve atmosfeer als gevolg van een catastrofaal bezwijken van de installatie.
- de vraag of apparatuur geen ontsteking geeft hangt samen met de periodieke inspecties en onderhoud ten aanzien van de beschermingswijze tegen ontsteking van deze apparatuur.
- met name (onderhouds)werkzaamheden, auto's, fornuizen bleken in de ongevalcasuïstiek ontstekingsbronnen te zijn.

Een verspreidingsmodel van een gaswolk geeft slechts een voorspelling van de grootte en richting van een gaswolk. De kracht van de vapour cloud explosie is te berekenen met modellen die slechts een voorspelling geven van het type explosie (deflagratie of detonatie) en de omvang van de drukgolf.

Het wel of niet ontsteken van een explosieve atmosfeer is afhankelijk van diverse factoren en niet enkel of er in de omgeving van de bron gezoned is volgens de NPR 7910-1 richtlijn. De CM "kans op ontsteking" is daarom een onzekere factor.

CM kans op aanwezigheid

In de LOPA methodiek kan de afwezigheid van werknemers in het potentiële effectgebied geclaimd worden als dit is vastgelegd in beleid, diverse technische maatregelen betreding overbodig maken en voldoende getrainde werknemers. De voorspelbaarheid van menselijk handelen in calamiteuze situaties laat nog al eens te wensen over. Afspraken over niet-handelen kunnen verdampen in de strijd. De kans op aanwezigheid kan dan toenemen van 1 uur per week naar 100 % aanwezigheid in het effectgebied tijdens de calamiteit omdat werknemers een taak moeten uitvoeren in verband met die calamiteit of denken dat ze een taak moeten uitvoeren. Technische maatregelen die inzet van werknemers in gevaarlijk gebied overbodig maken geven de grootste kans op afwezigheid van mensen in het potentiële effectgebied.

² concentratie van brandbaar gas of brandbare damp in de lucht, beneden welke de atmosfeer niet explosief is

³ Deze Nederlandse praktijkrichtlijn geeft informatieve aanwijzingen bij het opstellen van een gevarezone-indeling met betrekking tot gasexplosiegevaar.

Denk aan;

- een fijnmazig gasdetectienet met een lage detectiegrens.
- camera's.
- op afstand inblokkeerbare afsluiters.
- het opvangen van een spill via een op afschot liggende vloer naar een daartoe bestemde opvangbak.
- op veilige afstand bedienbare koel- en blusmiddelen.

Het benaderen van de ongevalslocatie met als voorwaarde buiten de 10% LEL-contour te blijven is nog geen garantie dat het effectgebied van een brand of explosie wordt vermeden, want gevaarlijke, zelfs dodelijke, effecten kunnen verder reiken dan een 10% LEL-contour. Het bovenwinds benaderen is daarom geen garantie voor een veilige repressie. Opleiding en veelvuldig oefenen is nodig om deze drill er in te krijgen. Uitgangspunt moet zijn dat een werknemer niet hoeft te overlijden of gewond te raken tijdens werkzaamheden. Ook niet ingeval van een calamiteit.

CM kans op slachtoffers

De kans op slachtoffers blijft nog al eens beperkt tot de kans op dodelijke slachtoffers. Indien zwaargewonden of zelfs blijvend letsel mogelijk is dient ook de frequentie van deze ongewenste gebeurtenis beoordeeld te worden. In de risicomethodiek dient ook aandacht te zijn voor de effecten van voor de gezondheid schadelijke stoffen.

4.5 Mathematische weergave van de LOPA risicoberekening

De LOPA berekening wordt als volgt weergegeven;

$$\text{Frequentie}_{\text{(effect)}} = \text{Frequentie}_{\text{(initiating event)}} \times \text{Faalkans}_{\text{(PL1)...(PLN)}} \times \text{CM}_{\text{(niet-detectie)}} \times \text{CM}_{\text{(kans op ontsteking)}} \times \text{CM}_{\text{(kans op aanwezigheid)}} \times \text{CM}_{\text{(kans op slachtoffers)}}$$

"Frequentie_(effect)" wordt uitgedrukt als een slachtoffer per tijdseenheid, veelal per jaar.

4.6 De resolutie van een risicomatrix

De benodigde betrouwbaarheid van het met LOPA berekend risicocijfer wordt mede bepaald door de resolutie van de risicomatrix waarmee de aanvaardbaarheid van het risicocijfer getoetst wordt. Een afwijking van een factor 10 kan in een risicomatrix een verschuiving geven van toelaatbaar naar ontoelaatbaar! Dit is over het algemeen een verschuiving van één vak in de risicomatrix.

5.0 Risiconormering

5.1 Het sterfterisico voor werknemers en contractors binnen Brzo inrichtingen

Een met de LOPA methodiek berekend risicocijfer zal moeten worden getoetst aan een risiconorm. Richtgevend kan in dit geval het sterfterisico zijn zoals dit in de Brzo industrie ervaren wordt. Op basis van het aantal dodelijke slachtoffers uit de ongevallen database van Inspectie-SZW en gegevens van VNCI is een inschatting te maken van het sterftecijfer⁴ bij Brzo bedrijven. Door een langere periode te kiezen, in dit geval van 2003 tot 2013,

wordt een betrouwbaarder getal verkregen, zie tabel 1. Contractor-werknemers blijken volgens tabel 1 in een Brzo bedrijf vaker dodelijk slachtoffer van een arbeidsongeval dan eigen werknemers. Uit tabel 1 blijkt tevens dat er zeven doden vallen als gevolg van een Brzo ongeval en negen doden als gevolg van een Arbo ongeval.

Schatting werknemers volgens VNCI:

In 2010 (25), 2011 (26), 2012 (27) werkten er ongeveer 64.000 mensen in de chemische industrie, waarvan 15.000 in de farmaceutische industrie. In 2013 werkten er ongeveer 57.000 mensen in de chemische industrie, waarvan 13.000 in de farmaceutische industrie (28).

Het aantal werknemers werkzaam in de chemische industrie zal groter zijn dan het aantal werknemers in de Brzo industrie. Niet precies is terug te halen welke aantallen werknemers werkzaam waren in de chemische industrie van 2003 tot 2009. Aangezien Brzo bedrijven veelvuldig gebruik maken van contractor-werknemers is de schatting dat er zo'n 100.000 werknemers (inclusief contractors) werkzaam zijn bij de circa 400 Brzo bedrijven in Nederland. Ter indicatie van de spreiding van het sterftecijfer is tevens het sterftecijfer berekend bij 75.000 werknemers en 150.000 werknemers werkzaam in de Brzo industrie, inclusief contractor-werknemers, zie tabel 2.

Op basis van rapportages (29) van Inspectie-SZW komt het sterftecijfer van alle werknemers in Nederland over de periode 2010 tot en met 2013 (4 jaar) neer op $0,9 \times 10^{-5}$ /jaar. In deze periode was het gemiddeld aantal doden per jaar 68. Over de periode 2003 tot 2013 was het aantal doden per jaar gemiddeld 81/jaar (809 doden, database Inspectie SZW). Het gemiddeld sterftecijfer over de periode 2003 tot 2013 is hiermee 1×10^{-5} /jaar, correctie voor verschuiving in aantal werknemers is niet uitgevoerd.

5.2 CEFIC en Concawe sterftecijfers

Ter indicatie van het geschatte Nederlandse sterftecijfer de cijfers van CEFIC (Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique). CEFIC rapporteert (30) een sterftecijfer over het jaar 2008 van $1,7 \times 10^{-5}$ /jaar, gebaseerd op 21 Europese landen. Een sterftecijfer over andere jaren is niet gepubliceerd, wel het aantal dodelijke ongevallen over de jaren 2003 tot en met 2008, dit was gemiddeld 15 doden per jaar. Het aantal doden in 2008 was 14. Onder aanname dat het aantal werknemers een beperkte variatie vertoont kan gesteld worden dat het sterftecijfer over 2008 ($1,7 \times 10^{-5}$ /jaar) representatief is voor de periode 2003 tot en met 2008. Dit is orde grootte gelijk aan de VNCI cijfers over 2003 tot 2013, uitgaande van 100.000 werknemers.

Concawe is een organisatie die aangeeft 98 % van de raffinagecapaciteit in Europa te vertegenwoordigen. Op basis van de Concawe uitgave "Statistical summary of reported

⁴ Het sterftecijfer is in dit artikel het aantal van doden per 100.000 werknemers/jaar.

Tabel 1 overzicht dodelijk letsel in Brzo inrichtingen van 2003 - 2013

Datum ongeval	Brzo bedrijf	Arbo/Brzo ongeval	Eigen werknr.	Contractor-werknr.	Korte beschrijving ongeval
11-Okt-12	Oiltanking Terneuzen B.V., Hoek	Arbo		2	Bij de bouw van opslagtanks zijn twee contractor-werknemers onder stalen platen gekomen, hierdoor zijn beiden overleden.
26-Apr-11	Tata Steel IJmuiden B.V., Velsen-Noord	Arbo	1		Een werknemer is met de uitstootmachine van de kooksbatterijen klem komen te zitten tussen een balk waardoor hij werd dood gedrukt.
01-Apr-11	Yara Sluiskil B.V., Sluiskil	Arbo		2	Twee contractor-werknemers zijn als gevolg van zuurstof gebrek overleden tijdens werkzaamheden aan een vat van een in aanbouw zijnde installatie.
16-Jun-10	BP Raffinaderij Europoort Rotterdam	Arbo		1	Een betonwand is van de kraan gevallen tijdens het hijsen, een contractor-werknemer is hierdoor bekneld geraakt tussen betonnen wand en leiding en overleden.
11-Jul-09	CP-Kelco, Nijmegen	Brzo	1		Eén werknemer overleed na een ethanolexplosie in een cellulosefabriek.
15-Mei-09	Thermphos, Vlissingen	Brzo	2		Twee werknemers overleden in de besloten ruimte van een fosforoven als gevolg van zuurstofgebrek.
06-Dec-07	AVR Rozenburg, Botlek Rotterdam	Arbo		1	Een contractor-werknemer is overleden nadat deze uit de werkbak van een hoogwerker werd geslingerd toen deze van een stoepje afreed. Er werd gewerkt aan een nieuwe bio-energie centrale.
17-Jan-06	Corus Staal, Velsen-Noord	Brzo		1	Tijdens reinigingswerkzaamheden was hoogovengas vrijgekomen een contractor-werknemer overleed als gevolg van koolmonoxide vergiftiging.
31-Aug-04	Akzo Nobel, Botlek Rotterdam	Arbo		1	Tijdens het plaatsen van een dakspant ten behoeve van de uitbreiding van het elektrolysegebouw is een schaarhoogwerker omgevallen, een van de contractor-werknemers is overleden.
05-Mei-03	Corus Staal B.V., Velsen-Noord.	Arbo		1	Tijdens hijswerkzaamheden is de leuning van een bordes bezweken, een contractor-werknemer is van 4,5 meter hoogte gevallen en overleden.
01-Apr-03	DSM, Geleen	Brzo	1	2	Bij opstart van de melaminefabriek ontstond een gasexplosie in een zoutoven, een werknemer en twee contractor-werknemers kwamen in de hete zoutoven terecht en overleden.
Totaal aantal doden			5	11	

Tabel 2 indicatie van het sterftecijfer van Brzo inrichtingen

Aantal werknemers in de Brzo industrie, inclusief contractors, tussen 1-1-2003 en 1-1-2013	Sterftecijfer Brzo zware ongevallen	Sterftecijfer Arbo-ongevallen	Sterftecijfer Brzo zware ongevallen + Arbo-ongevallen
75.000	0,9x10 ⁻⁵ /jaar	1,2x10 ⁻⁵ /jaar	2,1x10 ⁻⁵ /jaar
100.000	0,7x10 ⁻⁵ /jaar	0,9x10 ⁻⁵ /jaar	1,6x10 ⁻⁵ /jaar
150.000	0,5x10 ⁻⁵ /jaar	0,6x10 ⁻⁵ /jaar	1,1x10 ⁻⁵ /jaar
		Sterftecijfer CEFIC	1,7x10 ⁻⁵ /jaar
		Sterftecijfer Concawe	4,2x10 ⁻⁵ /jaar

incidents – 2012” (31) kan worden geconcludeerd dat over de periode 2003 tot 2013 een sterftecijfer van 4,2x10⁻⁵/jaar werd geboekt. Dit onder aanname dat een jaar 1800 werkuren bevat. Het sterftecijfer van de Europese raffinaderijen is een factor 2,5 hoger dan de chemische industrie.

5.3 Het individuele scenario versus de geaggregeerde scenario's op een arbeidsplaats

In een LOPA risicoanalyse wordt het risico van één scenario beschouwd en dit risico moet getoetst worden aan een ri-

sicomatrix met een risiconorm bedoeld voor één scenario. Het risico van één individueel scenario geeft geen zicht op het daadwerkelijk risico van een arbeidsplaats. Voor een werkelijk risicobeeld moeten de scenario's geaggregeerd worden (32, 33). De bovengenoemde sterfterisico's in hoofdstuk 5.1 en 5.2 zijn immers ook een optelling van alle scenario's waar een werknemer aan blootgesteld kan worden.

Dit aggregeren (optellen van frequenties) van scenario's ten behoeve van het verkrijgen van zicht op het werkelijk

risico is nodig omdat een werknemer op één arbeidsplaats blootgesteld kan worden aan meerdere scenario's die zich kunnen voordoen. Ze doen zich niet perse gelijktijdig voor (double jeopardy), de scenario's kunnen wel allemaal optreden.

Hieronder een aantal scenario's die zich kunnen voordoen met een opslagtank:

- lekkage via de tankbodem als gevolg van verzakking van de tankterp
- overvullen van de tank
- explosie tijdens reinigen van opslagtank

Als werknemer(s) aanwezig op deze arbeidsplaats worden blootgesteld aan de scenario's van niet één opslagtank maar meerdere opslagtanks neemt het opgetelde risico verder toe. Eventuele scenario's van andere installaties (dampverwerkende installaties, destillatietorens, etc.) die de eerder genoemde werknemer(s) op deze arbeidsplaats kunnen treffen dienen eveneens geaggregeerd te worden.

6.0 Wat is de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de LOPA methodiek?

6.1 Ervaring opgedaan in de taakgroep risico-methodiek

Op basis van een scenario met daarin het overvullen van een opslagtank met benzine is in de taakgroep risico-methodiek onderzocht wat de mogelijke spreiding is in de frequentie van optreden van het scenario met toepassing van LOPA. De variabelen waren een berekening op basis van standaard waarden, minimale waarden en maximale waarden. De gekozen waarden voor menselijk falen en conditional modifiers waren afkomstig van een HSE rapport (34), LOPA 2001 handboek, het Besluit externe veiligheid inrichtingen (BEVI) en een Brzo bedrijf. De faalfrequentie van de twee independent protection layers bleven ongewijzigd. De frequentie van optreden vertoonde een spreiding van $1,4 \times 10^{-5}$ /jaar tot $4,7 \times 10^{-10}$ /jaar. Een factor 10^{-5} tussen de hoogste en laagste waarde. Waarbij nogmaals opgemerkt dat geen variatie in de independent protection layers was aangebracht, waardoor een spreiding tot zelfs 10^{-7} mogelijk is met toepassing van de LOPA methodiek.

6.2 HSE studie naar betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de LOPA methodiek

Dat de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de LOPA methodiek een aandachtspunt is bleek ook uit de studie van de HSE verricht in 2009 "A review of Layers of Protection Analysis analyses of overfill of fuel storage tanks" (35). Volgens deze HSE studie is de LOPA methode geadopteerd door de industrie voor beoordeling van overvulbeveiligingen van brandstof opslagtanks. Kort na het Buncefield incident suggereerde de "the Buncefield Standards Task Group" LOPA studies toe te passen voor een meer consistente aanpak van een SIL assessment. Een overzicht werd verkregen van diverse bedrijven en consultants van 15 LOPA studies van voornamelijk benzinetanks. Een behoorlijke spreiding bleek aanwezig, de hoogste waarde voor de frequentie op het ontstaan van

het scenario bleek $1,9 \times 10^{-3}$ /jaar en de laagste waarde $1,9 \times 10^{-8}$ /jaar, een factor 10^{-5} spreiding, de overige resultaten van de LOPA studies waren min of meer gelijk verdeeld tussen deze hoogste en laagste waarde. Dat dit ook gevolgen had voor de gekozen betrouwbaarheid van de overvulbeveiliging zal geen verrassing zijn deze varieerde van geen SIL noodzakelijk tot SIL 2!

7.0 Discussie

7.1 Kader wetgeving

Het Brzo2015 biedt geen handvatten voor een risiconorm. De Arbeidsomstandighedenwet met de verwijzing naar "stand der techniek" en het redelijkerwijs principe geeft een meer concrete aanwijzing. Niet naar een risiconorm, wel naar een maatregelenniveau, de stand der techniek, dat impliciet moet leiden naar een maatschappelijk aanvaard risiconiveau.

Uit de norm voor externe veiligheid, een sterfterisico van 10^{-6} /jaar, kan geen norm voor interne veiligheid worden afgeleid (33). Dit omdat de werkwijze voor het berekenen van het sterfterisico voor externe veiligheid (Quantitatieve Risico Analyse, QRA) verschilt van die voor interne veiligheid met een LOPA. Een aantal verschillen zijn;

De LOPA methodiek beschouwd enkel individuele scenario's. De QRA methodiek toetst het risico van alle relevante scenario's, na sommatie. De faalfrequenties en faalkansen toegepast in een LOPA scenario zijn door het bedrijf in kwestie zelf bepaald, in de QRA methodiek worden wettelijke bepaalde LOC frequenties gebruikt. De QRA methodiek beschouwd alleen scenario's die van belang zijn voor externe veiligheid. Scenario's die normaal gesproken alleen van belang zijn voor interne veiligheid worden niet meegenomen, zoals een explosie in een lege tank of een tankbrand. In de LOPA methodiek mag de (positieve) invloed van ongevalsbestrijding, zoals vluchten en evacuatie, worden meegenomen, de QRA-methodiek houdt hier geen rekening mee.

Het gegeven dat een met de LOPA methodiek berekend risicocijfer onvoldoende leidt tot de bepalingen van de Arbeidsomstandighedenwetgeving maakt dat een risicomatrix niet gebruikt kan worden om maatregelen te treffen afhankelijk van de plek in de risicomatrix (rood, geel of groen gebied). Ook een "groen risico" kan betekenen dat geen of onvoldoende maatregelen getroffen zijn indien een werkgever zich niet houdt aan de stand der techniek. De risicomatrix kan hooguit gebruikt worden voor het vaststellen van de prioriteiten en daarmee het tempo waarin maatregelen getroffen moeten worden (3). Vanuit de optiek van de Arbeidsomstandighedenwetgeving is het risico aanvaardbaar laag als aan de stand der techniek is voldaan, niet omdat uit toetsing aan de risicomatrix blijkt dat er een aanvaardbaar (groen) risico is berekend!

7.2 *Identificeren van ongevalsscenario's*

Het grootste deel van de ongevalsscenario's uit de casuïstiek heeft te maken met menselijke factoren en organisatie problemen en in mindere mate met puur technische oorzaken, zoals dat in het onderzoek naar gasexplosies is gebleken (36). Deze scenario's worden vooraf nog al eens als niet realistisch en onvoorstelbaar gezien. Er zijn parallellen met de zoektocht naar de zogenaamde "leading" indicatoren (37), die een voorspelling geven over toekomstige procesveiligheid-gerelateerde ongevallen. De zoektocht naar leading indicatoren die de zeer zelden voorkomende (haast onzichtbare) verschuivingen signaleren is ook nog niet geëindigd! Toepassen van de stand der techniek kan ertoe leiden dat menselijke factoren en organisatie problemen worden afgevangen en ook niet realistische (niet onvoorzien) scenario's worden vermeden.

7.3 *De verificatie van LOPA parameters*

Objectief bewijs dat faaldata van LOPA parameters daadwerkelijk voorspellend zijn voor de frequentie van een scenario is zelden voorhanden. Faaldata verschillen per database waaruit geput wordt. Met name multinationals hebben de wens faaldata te gebruiken uit een eigen database, echter hoe zeker weten we dat Singapore, Nigeria (en Nederland) keurig de lijstjes hebben bijgehouden? Site managers hebben er geen belang bij falen van IEF, IPL's en CM's goed bij te houden, als ze slecht scoren hebben ze wat uit te leggen! Deze hypothese wordt bevestigd door de U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (38). Als gevolg van een incomplete nationale incidenten database is het niet mogelijk de frequentie van bepaalde incidenten bij tankopslag van aardolie derivaten vast te stellen. Als dit al niet in orde is, hoe zit het dan met de compleetheid van databases met LOPA parameters?

Werknemers worden ook in staat geacht te functioneren als een IPL. De voorspelbaarheid van de betrouwbaarheid van de "factor mens" is nogal afhankelijk van de omstandigheden zoals werkdruk, dag/nacht, stress, motivatie, persoonlijke stabiliteit, ervaring, etc. Door deze onvoorspelbaarheid is er geen betrouwbaarheidsinterval te bepalen voor de faalfrequentie van menselijk falen. Een LOPA parameter waar een werknemer onderdeel van uit maakt is dan ook niet goed testbaar en auditeerbaar.

7.4 *Risiconorm tankopslagbranches*

Door de branchevertegenwoordigers wordt in het "Semi-kwantitatief toetsingsdocument, Methodiek aantonen gelijkwaardigheid beveiligingssystemen gebaseerd op veiligheidsstudies" (39) één dodelijk scenario met een frequentie lager dan 10^{-5} /jaar als acceptabel geacht. Indien 10 van dergelijke scenario's op deze arbeidsplaats aanwezig zijn komt dit neer op een sterfterisico van 10^{-4} /jaar, bij 100 van dergelijke scenario's een sterfterisico van 10^{-3} /jaar. Dit ligt ver verwijderd van de in dit artikel geschatte sterftcijfers over 2003 – 2013 ($1,6 \times 10^{-5}$ /jaar) en de sterftcijfers uit de rapportages van Inspectie SZW, te weten 1×10^{-5} /jaar. Veel realistischer is het om uitgaande

van een ervaren sterftcijfer voor interne veiligheid (sterfterisico van $1,6 \times 10^{-5}$ /jaar) bij 10 scenario's in het effectgebied van een arbeidsplaats per scenario een (gemiddeld) sterftcijfer te hanteren van $1,6 \times 10^{-6}$ /jaar en bij 100 scenario's een (gemiddeld) sterftcijfer per scenario van $1,6 \times 10^{-7}$ /jaar.

Als bedrijven sturen op een norm voor een aanvaardbaar sterfterisico voor één scenario van 10^{-5} /jaar. Hoe kan het dat zij hiermee in de praktijk een veel lager sterftcijfer behalen ter grootte van $1,6 \times 10^{-5}$ /jaar voor de geaggregeerde scenario's? Mogelijke oorzaken zijn:

- het is een beperkt scala aan bedrijven dat gebruik maakt van een risicomethodiek, overgrote deel wil gewoon de stand der techniek adapteren of heeft dit al gedaan.
- slechts enkele bedrijven hanteren sinds 10 – 20 jaar een semi-kwantitatieve risico analyse zoals LOPA. Veel installaties zijn gebouwd voor die tijd.
- alle bedrijven kopen een ontwerp van een leverancier (= stand der techniek) hier komt geen risico analyse aan te pas.

Als tankopslagbedrijven opteren voor een risiconorm voor één individueel scenario van 10^{-5} /jaar lopen we dan kans dat het intern veiligheidsniveau afglijdt?

Als de stand der techniek niet meer zal worden nageleefd kan tevens de genormeerde externe veiligheidscontour (QRA) van een bedrijf overschreden worden. De QRA berekening gaat immers uit van de stand der techniek.

7.5 *HSE studie naar de toepassing van LOPA*

De conclusie van de HSE studie naar de toepassing van LOPA op opslagtanks is dat het een simpele methode lijkt. Echter het vraagt om goede kennis van de procesvoering van het bedrijf en hoe wordt geopereerd onder normale omstandigheden en in noodsituaties. Daarnaast heeft degene die een LOPA opstelt ervaring nodig in numerieke veiligheidsstudies zodat vergissingen in de selectie van foute data, dubbel tellen en ongeldige interpretatie van IE, IPL en CM worden vermeden.

De HSE concludeert dat de industrie de volgende stappen moet nemen:

- Verbeteren van de kennis en training van degenen die LOPA studies uitvoeren;
- Verbeter de procedures en richtlijnen voor de LOPA studie, waaronder zaken als gevoeligheidsanalyses en de standaarden van documentatie en support informatie;
- Verbeter de kwaliteit van de data die gebruikt worden in LOPA studies.

7.6 *Hoe nu verder?*

Als een LOPA methodiek aan de voorwaarden van de Arbeidsomstandighedenwet voldoet betekent dit dat het berekende maatregelenniveau voldoet aan de stand der techniek. De inspanning zal dan geleverd moeten worden over alle LOPA parameters overeenstemming te krijgen,

parameters zoals:

- de faalfrequenties van IE's en IPL's: menselijke handelingen, regelingen, beveiligingen.
- waardering van CM's: detectie, ontstekingskans, aanwezigheid, slachtoffers
- afspraken over de LOPA spelregels
- de risiconorm

Deze moeten leiden tot een voldoende veiligheidsniveau met een voldoende betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid. Deze exercitie zal leiden tot veel discussie. Meer dan bij de ontwikkeling van de QRA methodiek. De LOPA methodiek kent namelijk veel meer variabelen als gevolg van aanwezigheid van veel parameters, scenario's, menselijk falen. Als dit al gewenst is heeft dit traject een doorlooptijd van jaren!

Toepassen van een risicomethodiek vraagt implementatie, nazorg en beheer bij de bedrijven én implementatie bij toezichthouders. De volgende competenties dienen aanwezig te zijn;

- ervaring in numerieke veiligheidsstudies zodat vergissingen in de selectie van foute data, dubbel tellen en ongeldige interpretatie van IE, IPL en CM worden vermeden (de LOPA spelregels).
- toegang hebben tot betrouwbare onafhankelijke databases met faalfrequenties.
- goede kennis van de procesvoering van een Brzo bedrijf / tankopslagterminal en hoe wordt geopereerd onder normale omstandigheden en in noodsituaties.
- kennis van procesveiligheid.
- kennis van interne veiligheid en externe veiligheid.
- kennis van verspreidingsmodellen.
- kennis van de opbouw van brand- en explosiecontouren (deflagratie/detonatie).
- ervaring met gevoeligheidsanalyses / statistiek.
- onafhankelijk.

Deze competenties overziend doet de vraag opkomen of een gemiddeld bedrijf en een gemiddelde toezichthouder ooit in staat zal zijn een risicomethodiek uit te voeren en te beoordelen volgens de regels der kunst. Vereenvoudiging is mogelijk door het niet beschouwen van de variabelen na het loss of containment, de zogenaamde conditional modifiers.

Het alternatief is op basis van "expert judgement" vast te stellen wat gebruikelijk is in de branche die beschouwd wordt. Wat is gebruikelijk in soortgelijke gevallen bij andere installatie typen. Welke beveiligingslagen zijn nodig met de effecten die kunnen optreden. Wat blijkt er uit ongevalscauïstiek. Kortom; Wat wordt door vakdeskundigen in brede kring aanvaard als goed toepasbaar in de praktijk!

8.0 Conclusies toepassing LOPA risicoanalyse en -beoordelingstechniek

De Arbeidsomstandighedenwetgeving stelt scherpe randvoorwaarden aan toepassing van een risicomethodiek. Deze staan hiërarchisch boven elke risicomethodiek. Met de LOPA methodiek toetsen of het maatregelenniveau

gelijkwaardig is aan de stand der techniek of vaststellen of een aanvaardbaar risico is verkregen stuit op de volgende knelpunten:

- 1) De betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de LOPA methodiek is onvoldoende.
 - a. De betrouwbaarheid van de gekozen faalfrequenties van de initiating event frequency (IEF) en de individual protection layers (IPL) is onzeker. Met name is onzeker de betrouwbaarheid van een IEF, IPL of CM waar een werknemer onderdeel van uit maakt.
 - b. De zogenaamde conditional modifiers (CM) dragen bij aan de onvoldoende betrouwbaarheid van een risico analyse. Het al dan niet gebruiken van CM moet gevolgen hebben voor de risiconorm.
 - c. Een risicomethodiek maakt eigen interpretatie van de spelregels mogelijk (is een IPL onafhankelijk etc.).
- 2) De resolutie van LOPA parameters is onvoldoende. De van de werkelijkheid toegestane afwijking van faalfrequentie en faalkans van individuele LOPA parameters (IEF, IPL en of CMen) moet (veel) kleiner zijn dan een factor 10, dat zijn ze niet. Dit omdat de toetsing met een risicomatrix over het algemeen een resolutie kent van een "factor 10". Toetsen van het risico van een ongevalsscenario met een risicomatrix is in feite niet mogelijk.
- 3) Het geschatte sterftcijfer ($1,6 \times 10^{-5}$ /jaar) van de Brzo industrie (werknemers en contractors) lijkt hoger te zijn dan het ervaren sterftcijfer geldend voor alle Nederlandse bedrijven (1×10^{-5} /jaar).
- 4) Het risico van één individueel scenario geeft geen zicht op het daadwerkelijk risico van een arbeidsplaats. Voor een werkelijk risicobeeld moeten de scenario's geaggregeerd worden. Om deze reden ligt de risiconorm (sterfterisico van 10^{-5} /jaar) die door tankopslag bedrijven is voorgesteld voor het toetsen van het risico van één individueel scenario ver af van het werkelijk ervaren risico van één scenario (10^{-6} tot 10^{-7} /jaar?). Immers, het geschatte sterftcijfer van de Brzo industrie in Nederland over de periode 2003 – 2013 bedraagt $1,6 \times 10^{-5}$ /jaar. Dit praktijksterftcijfer is een gevolg van alle ongevalsscenario's die mogelijk zijn op een arbeidsplaats. Bij meerdere scenario's mogen de geaggregeerde scenario's geen hoger sterfterisico veroorzaken dan het praktijk sterftcijfer $1,6 \times 10^{-5}$ /jaar. Dit betekent dat bij een individueel scenario een lager sterfterisico behoort.

De onvoldoende betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid, de onvoldoende resolutie, het niet aggregeren van scenario's en het ontbreken van een (wettelijke) risiconorm voor interne veiligheid maakt het toetsen van de aanvaardbaarheid van een met de LOPA methodiek verkregen risicocijfer van een scenario in feite onmogelijk.

Onderstaande websites zijn geraadpleegd op 29 september 2015, referentie 38 op 25 oktober 2015.

Referenties

1. Brief van Minister Donner van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 11 juni 2007. Tweede Kamer, vergaderjaar 2006–2007, 25 883, nr. 114
2. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden. Jaargang 2015. Nr. 272. Gepubliceerd op 7 juli 2015
3. Koenders H., Risicobenadering in Arbowet (PGS), intern memo aan taakgroep risicomethodiek, 1 juni 2015
4. Arbo Informatieblad 11, Machineveiligheid: afschermingen en beveiligingen, tweede herziene druk, Sdu Uitgevers.
5. http://www.arbokennisnet.nl/images/dynamic/Dossiers/Beheersmaatregelen/D_Beheersmaatregelen.pdf, bladzijde 13
6. <http://www.vvfv.dearbocatalogus.nl/node/233>
7. <http://www.arbocatalogus-afvalbranche.nl/regels+toetsing>
8. <http://www.bfn.dearbocatalogus.nl/sites/default/files/bfn/AC%20betonproductenindustrie%20machineveiligheid.pdf>
9. <http://www.arbocatalogus-funderingen.nl/pdf/Plan%20van%20Aanpak%20Arboconvenant.pdf>
10. <http://arbo.zoetwaren.nl/rie/arbeidshygi%C3%ABnische-strategie>
11. <http://provincies.arbocatalogus.net/risicos/veiligheid>
12. <http://www.wvoi.nl/default.asp?CID=129#Oplossingen>
13. [http://www.agroarbo.nl/hoveniers-en-groenvoorziening/overige/trillingen/bijlage-2-wetgeving/\(knelpunten\)](http://www.agroarbo.nl/hoveniers-en-groenvoorziening/overige/trillingen/bijlage-2-wetgeving/(knelpunten))
14. <http://www.hse.gov.uk/rubber/risk-reduction.htm>
15. <http://wp.hsepress.com/2015/04/hierarchy-of-controls-why-are-they-necessary/>
16. <http://www.healthandsafetyhandbook.com.au/how-the-hierarchy-of-control-can-help-you-fulfil-your-health-and-safety-duties/>
17. http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_control.html
18. http://safety.unimelb.edu.au/docs/the_hierarchy_of_control_to_manage_chemical_risk_v1_0.pdf
19. https://www.comcare.gov.au/_data/assets/pdf_file/0017/41363/The_principles_of_effective_OHS_risk_management_OHS_61_Dec05.pdf
20. http://www.csb.gov/assets/1/19/INDSPEC_Final.pdf
21. <http://www.csb.gov/caribbean-petroleum-refining-tank-explosion-and-fire/>
22. Layer of protection analysis: Simplified process risk assessment (2001). Center for Chemical Process Safety (CCPS). New York: American Institute of Chemical Engineers.
23. Guidelines for initiating events and independent protection layers in Layer of Protection Analysis (2015). Center for Chemical Process Safety (CCPS). New York: American Institute of Chemical Engineers
24. Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in Layers of Protection Analysis (2013). Center for Chemical Process Safety (CCPS). New York: American Institute of Chemical Engineers
25. <http://issuu.com/vnci/docs/vnci-facts-figures-2010/1>
26. <http://www.safetyanalyse.nl/wp-content/uploads/2013/06/Feiten-en-cijfers-over-de-chemische-industrie-in-Nederland-2011.pdf>
27. https://vnci.nl/chemie/feiten-en-cijfers_2012/
28. <https://www.vnci.nl/chemie/feiten-en-cijfers/#Werkgelegenheid>
29. Arbeidsongevallenrapport 2014, Inspectie-SZW, december 2014
30. <http://www.cefic.org/Responsible-Care/Performance/Health-and-Safety-at-Work/>
31. https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt_13-5-2013-02164-01-e.pdf
32. Uijt de Haag P.A.M. et al, Een methode voor de beoordeling van het interne risico van inrichtingen met gevaarlijke stoffen, Werkdocument 233, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, februari 2002
33. Uijt de Haag P.A.M., Risicomethodiek PGS29 bedrijven intern memo aan taakgroep risicomethodiek, RIVM Centrum Veiligheid, 27 maart 2015
34. Safety and environmental standards for fuel storage sites, Buncefield Standards Task Group, HSE, 24 July 2007
35. A review of Layers of Protection Analysis (LOPA) analyses of overflow of fuel storage tanks, HSE, 2009
36. Dort van R., "50 jaar gasexplosies in de Nederlandse industrie", "Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap", 2014 nr.2
37. Swuste P.H.J.J. Theunissen J. Reniers G. Blokland P., Procesveiligheidsindicatoren, "Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap", 2015 nr. 3
38. Final Investigation Report, Caribbean Petroleum Tank Terminal explosion and multiple tank fires, (23 oktober 2009), U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board
39. <http://www.vnpi.nl/Files/file/20130201%20Publikatie%20semikwantitatief%20toetsingsdocument%20rev%204.pdf>