

Oorzaken van ethische arbo-dilemma's zijn een slechte relatie met je opdrachtgever, een calculerende opdrachtgever die jou als lastige controleur ziet en minder ruggesteun door collega-adviseurs. Die druk kunnen adviseurs deels zelf aanpakken door bv lid te worden van vaste interdisciplinaire ICT-groepjes zoals ik nu opzet.

De NVVK zou de in de Beroepscode genoemde geschillencommissie kunnen instellen en die actief onder de aandacht kunnen brengen van haar leden. Zij zou onze lovenswaardige Beroepscode kunnen aanvullen. Die aanvulling bestaat bijvoorbeeld uit een toelichting, een rangorde van belangen en een aantal casussen met oplossingen. Achtereenvolgens komen, stel ik voor, het belang van omwonenden en andere derden, dan dat van de blootgestelde medewerkers en dan de belangen van andere partijen. Beroepscodes en praktijkervaringen van (leden van) andere verenigingen zoals de Nvva, de BA&O, de NVVB, de NVVE en de BAV kunnen hierbij inspireren en dubbel werk voorkómen.

Tot slot dank ik Piet Paardekooper en Philip de Brabander weer voor de kritische kanttekeningen waar ik hen om vroeg.

Literatuur

- Stichting Preventie Project Management, 2006. Onder druk wordt alles vloeibaar. Rapportage van een web-enquête gehouden onder de leden van BA&O, Nvva en NVVK.
- Winkler, P. 2005. Organisatie-ethiek. Pierre Winkler. Amsterdam. ISBN 90-430-0990-3.
- Nelson, B. en Economy, P. 2000. Adviseren voor Dummies. Tweede druk. Addison Wesley Longman Nederland BV. Amsterdam. ISBN 90-6789-982-8.
- Block, P. 1998. Feilloos adviseren. Een praktische gids voor adviesvaardigheden: p 9. Derde oplage. Academic Service. Schoonhoven. ISBN 90-5261-205-6.
- Adams, S. 2003. Dilbert en de stijl van de rat. Lannoo | het spectrum. Tiel. ISBN 90-209-5177-7 (Lannoo) / 90-274-9043-0 (Het Spectrum).
- Paassen, D. van. 2006. Collega Aap. In: Intermediair 45, 9 november 2006: pp 18-22.
- Biech, E. 2000. Handboek voor consultants. Over het opzetten van een professionele adviespraktijk. Academic Service. Schoonhoven. ISBN 90-5261-312-5.
- Mintzberg, H. 1991. Organisatiestructuren. Academic Service. Economie en Bedrijfskunde. Schoonhoven. ISBN 90-5261-050-9.
- Aarts, T. en Verhoeff, C. 2000. Leven met een baas. Een onmisbaar boek voor medewerkers en hun bazen. Maakt vele dure cursussen overbodig. Forum. Amsterdam. ISBN 90-225-2881-2.
- Gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek over bedrijfsgrootte op 1 januari 2006 in haar tabel "Bedrijven naar activiteit (2-cijferig SBI 1993), grootte en rechtsvorm", te vinden op webadres "<http://statline.cbs.nl/StatWeb/table.asp?LYR=G2:0&LA=nl&DM=SLNL&PA=07221ed&D1=0,10-23&D2=0-1,4,6,10,34,37,39,43,45,51,55,61,63,65,67&D3=l&STB=G1&HDR=T>".
- Houtman, I; Smulders, P en Van den Bossche S. 2006. Arbobalans 2005. Arbeidsrisico's, effecten en maatregelen in Nederland: pagina 117. TNO Kwaliteit van Leven, Arbeid in opdracht van Ministerie Sociale Zaken en Werkgelegenheid. TNO Hoofddorp. ISBN 10: 90-5986-207-4. ISBN 13: 978-90-5986-207-4.

De broepscode is als pdf te vinden op www.veiligheidskunde.nl/congres

SESSIE R TECHNIEK & VEILIGHEID

LOPA VOOR COMPOUNDS

E.K. Verolme, projectmanager Explosieveiligheid, TNO Defensie en Veiligheid, Rijswijk, E.I.V. van den Hengel, M. Boers, TNO, e-mail: esther.vandenhengel@tno.nl; ellen.verolme@tno.nl

Samenvatting

Een semi-kwantitatieve risico-analyse methode die wordt toegepast in de civiele industrie is de Layer of Protection Analysis (LOPA) methode. LOPA bekijkt een oorzaak-gevolg keten (scenario) en maakt gebruik van beschermingslagen. LOPA kan ook worden gebruikt voor defensietoepassingen. In dit artikel wordt een toepassing beschreven van de LOPA-techniek bij het bestrijden van morteraanvallen op compounds. Compounds zijn tijdelijke verblijfslocaties van defensiepersoneel, meestal in uitzendgebieden als Irak en Afghanistan.

Inleiding

In het dagelijks leven hebben we regelmatig te maken met dreigingen in verschillende vormen. Dit kunnen kleinschalige, maar frequent voorkomende dreigingen zijn, zoals een auto-ongeluk, maar ook grootschalige en minder frequent voorkomende dreigingen, zoals de explosie van de vuurwerffabriek in Enschede in 2000. Militairen tijdens Out-of-Area missies hebben met een heel ander scala aan dreigingen te maken, waarbij in landen als Irak de mortierdreiging de meestvoorkomende is.

TNO Defensie en Veiligheid doet veiligheidsonderzoek voor zowel de civiele markt als defensiemarkt. Het is op voorhand duidelijk dat de dreigingen waar burgers van een (westers) land en militairen tijdens missies mee te maken krijgen radicaal van elkaar verschillen. Een voorbeeld van dreigingen waar burgers

mee te maken krijgen zijn incidenten in de (chemische) industrie. Militairen tijdens missies hebben vaak te maken met terreurdreigingen van groeperingen uit het land, waar de militairen gestationeerd zijn. Toch is uit een aantal recente TNO-studies gebleken dat de risico's van beide situaties op analoge wijze, d.w.z. met dezelfde risico-analyse techniek, kunnen worden geanalyseerd. Dit betekent dat methoden en technieken uit de civiele veiligheidshoek kunnen worden geadopteerd voor defensietoepassingen (en vice versa). In dit artikel zal een voorbeeld van een dergelijke kruisbestuiving worden beschreven.

In de eerste twee hoofdstukken zal een introductie worden gegeven op de LOPA-methode, een methode die uit de procesindustrie stamt en waarmee de meerwaarde van beschermende maatregelen kan worden beoordeeld. Vervolgens zal kort worden ingegaan op een internationaal onderzoeksprogramma dat zich richt op het beoordelen van maatregelen om de dreiging die uitgaat van morteraanvallen te beperken. In het vijfde hoofdstuk worden de resultaten beschreven van een toepassing van de LOPA-methode op dit beschermingsprogramma. Het artikel eindigt met een aantal conclusies.

LOPA als risico-analyse methode

Risico-analyse methoden kunnen in twee categorieën worden onderverdeeld: deterministische en probabilistische methoden. Bij een deterministische methode wordt er vanuit gegaan dat het incident plaatsvindt en worden de fysische effecten en de schade berekend. In een probabilistische benadering wordt naar zowel de frequentie van het incident als de waarschijnlijkheid van de effecten van het incident gekeken.

De probabilistische risicoanalyse methoden zijn te verdelen in kwantitatieve methoden (bv. FMEA, QRA) en kwalitatieve methoden (HAZOP, Checklists). Kwantitatieve methoden zijn sterk in het beoordelen van de risico's, maar ze zijn zeer intensief en daardoor niet geschikt voor eenvoudige analyses. Kwalitatieve methoden zijn sterk in het identificeren van scenario's, maar niet geschikt voor het beoordelen van de risico's. Een methode die tussen de kwantitatieve en kwalitatieve methoden in ligt is Layer of Protection Analysis (LOPA). LOPA is een methode om een vereenvoudigde risico-analyse uit te voeren en vindt zijn oorsprong in de jaren 80 van de vorige eeuw. Vanaf de jaren 90 is de methode veelvuldig toegepast [1]. Het Amerikaanse Center for Chemical Process Safety (CCPS) heeft het verdere gebruik voor de chemische industrie gestimuleerd. In 2001 werd een gezamenlijk initiatief van verschillende TNO-instituten gestart om de methode in Nederland te introduceren. Het doel van dit project was het definiëren van een gezamenlijke methodiek voor LOPA die kan worden toegepast binnen civiele projecten.

LOPA is een semi-kwantitatieve methode, die de orde van grootte van de consequentie van een scenario weergeeft. LOPA volgt een logische methodiek en maakt gebruik van simpele berekeningen. De kern van LOPA bestaat uit scenario's (ketens van gebeurtenissen die oorzaak en gevolg koppelen). Deze worden gecombineerd met beschermingslagen: Barrières die zijn opgeworpen om de oorzaak te voorkomen of de ernst van

het gevolg te beperken. Elke beschermingslaag heeft een faalkans. De frequentie van het scenario kan worden vergeleken met vooraf vastgestelde tolerantiecriteria om te bepalen of additionele beschermingslagen noodzakelijk zijn. Doordat LOPA gebruik maakt van ordegrootte schattingen in plaats van nauwkeurige waarden is het rekenwerk beperkt en zijn de scenario's inzichtelijk.

Hoewel LOPA zijn oorsprong vindt en nog steeds het meest wordt toegepast binnen de chemische industrie, is de methode in feite toepasbaar op (nagenoeg) alle moeilijk kwantificeerbare problemen met potentieel grote consequenties of problemen waarbij een snelle analyse van belang is. LOPA is minder geschikt voor het doorrekenen van grote hoeveelheden scenario's en wordt daarom vooral gebruikt om alleen de scenario's met de grootste gevolgen te bestuderen, of om een 'quick-scan' van een bepaald systeem uit te voeren.

De voordelen van de LOPA methode zijn:

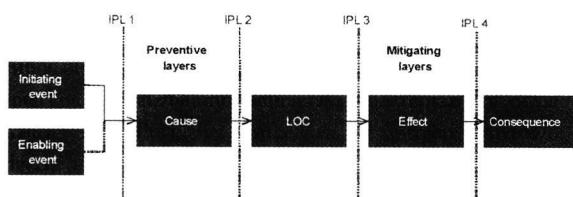
- Beschermingslagen en risicoreducerende maatregelen worden meegenomen
- Mate van detail wordt afgestemd op de toepassing
- Toepasbaar op moeilijk kwantificeerbare problemen
- LOPA voorkomt overbeveiliging (d.w.z. uit LOPA blijkt of het scenario veilig genoeg is of nog een extra beschermingslaag nodig heeft)
- Geschikt voor het stellen van prioriteiten en kosten-baten studies

De nadelen zijn:

- Simpele methodiek, soms kan verdere analyse nodig zijn
- Vergelijk van LOPA resultaten is alleen mogelijk als dezelfde criteria gebruikt zijn
- Niet erg geschikt voor het bekijken van processen in zijn geheel, maar alleen voor het bekijken van aparte scenario's.
- Complexe scenario's met veel interacties tussen componenten zijn lastig

LOPA begrippen

Scenario's zijn de basis van de LOPA-methode, maar het opstellen van de scenario's zelf is geen onderdeel van LOPA. De scenario's kunnen worden overgenomen uit een eerder uitgevoerde (deterministische) risicoanalyse of speciaal ten behoeve van de LOPA worden ontwikkeld. Hiervoor kan men, naast ervaringen uit het verleden, onder meer gebruik maken van HAZOP of fouten- en gebeurtenissenbomen. In Figuur 1 staan de begrippen in één scenario weergegeven. Tabel 1 geeft een overzicht van de begrippen die bij LOPA worden gebruikt.



Figuur 1: LOPA begrippen in één scenario

Term	Omschrijving
Initiating event (IE)	De gebeurtenis die wordt beschouwd als het beginpunt van het scenario leidend naar het ongewenste effect
Enabling condition (EC)	Een gebeurtenis of een conditie die vereist is voor het IE om het scenario te ontketenen. Enabling events zijn noch een storing noch een beschermingslaag. Zij worden uitgedrukt in waarschijnlijkheid.
Consequence	Het (ongewenste) effect van een scenario. Consequences worden uitgedrukt in termen van materiele schade, vervuiling van het milieu, gewonden, doden of financieel verlies.
Loss of containment (LOC)	Top event in een foutenboom, startpunt van een effectenboom. Centrale node in een bow-tie. Het 'cut-off point' tussen preventie en repressie
Cause	Conditie of toestand die direct leidt tot het LOC
Independent Protection Layer (IPL)	Een beschermingslaag waarvan de werking op geen enkele manier is gerelateerd aan het initiating event of aan de actie van een andere IPL in het scenario. De effectiviteit en de onafhankelijkheid van de laag moet duidelijk zijn.
Probability of failure on demand (PFD)	De waarschijnlijkheid dat een beschermingslaag, indien er beroep op wordt gedaan, faalt.
Conditional Modifier (CM)	Een factor om een additionele aanname in het scenario te kunnen opnemen. Voorbeelden voor het gebruik van een CM: Dodelijke verwonding gegeven het optreden van het effect
LOPA target factor (LTF)	Frequentie die voor een bepaalde consequentie getolereerd wordt.

Tabel 1: Overzicht van de in LOPA gebruikte termen

Initiating event

De initiating event (IE), oftewel de initiërende gebeurtenis, is de gebeurtenis die aanleiding geeft tot het ongewenste scenario. De IE heeft een frequentie waarvoor de eenheid '/jaar' wordt gehanteerd. Initiating events kunnen in drie belangrijke categorieën worden onderverdeeld:

- Externe gebeurtenissen (blikseminslag, overstroming, brand in naastgelegen pand, e.d.)
- Falen van apparatuur (niet functioneren van remmen, bezwijken van pijpleiding door vermoeidheid of corrosie, e.d.)
- Menselijke fouten ((te laat) starten van (verkeerde) procedure, taak niet (correct) uitvoeren, door rood licht rijden, kwade opzet, e.d.)

Frequenties kunnen ook worden afgeleid uit de betrouwbaarheid per activiteit vermenigvuldigd met het aantal activiteiten dat per tijdseenheid wordt uitgevoerd.

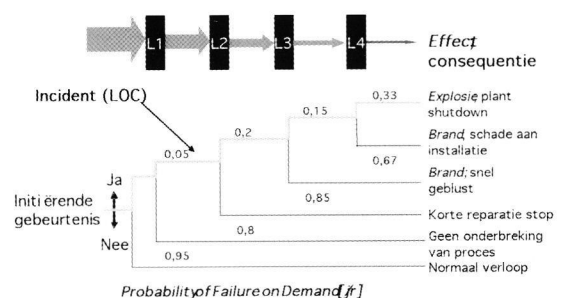
Enabling Condition

De enabling condition (EC) is zelf niet de directe aanleiding van het scenario, maar moet aanwezig of actief zijn om het scenario te laten plaatsvinden. De enabling condition is maar een deel van de tijd aanwezig en is dan ook dimensieloos. Voor apparatuur wordt vaak het begrip 'time at risk' gebruikt om de fractie van de tijd aan te geven dat een apparaat risicovol in gebruik is.

Een voorbeeld is een verkeersongeval dat alleen plaatsvindt als bij het 'zonder te kijken de straat over steken' (IE) tevens een auto aankomt (EC). Het is, zoals hier, niet altijd eenvoudig om onderscheid te maken tussen de initiating event en de enabling event. De initiating event en de enabling event samen vormen de oorzaak van het scenario, oftewel de samenloop van omstandigheden die leidt tot het incident. Loss of Containment De Loss of Containment (LOC) is de ongewenste gebeurtenis en is de plaats in het scenario waar oorzaak en gevolg bij elkaar komen (in de fouten- en gebeurtenissenboom) en moet worden voorkomen. Loss of Containment is een term die voortkomt uit de historie van LOPA, aangezien in de meeste ongevalsscenario's in de chemische industrie het vrijkomen van stoffen (brandbaar, toxisch) als LOC wordt beschouwd. Bij andere scenario's waarop LOPA wordt toegepast, kan de LOC een gebeurtenis zijn als een vijandelijke aanval.

Independent Protection Layer

De aanwezigheid van een onafhankelijk beschermingslaag, oftewel de Independent Protection Layer (IPL) kan ingrijpen op een scenario door de LOC te voorkomen (preventive layer) of de effecten te beperken (mitigating layer). Elke beschermingslaag heeft een (geringe) kans op falen en deze kans wordt ook meegenomen in de LOPA methode. Voorbeelden van beschermingslagen zijn het uitvoeren van controles (preventive) en het gebruiken van een veiligheidsgordel in de auto (mitigating). Figuur 2 geeft een voorbeeld van het effect van IPL's. Terwijl IPL 1 en 2 zorgen voor het voorkomen van het incident (brand en/of explosie van de fabriek), zijn IPL 3 en 4 gericht op het beperken van de effecten tot een (kleine) brand en het voorkomen van een explosie.



Figuur 2: Overzicht van werking van IPL's. Bedenk dat elk effect een apart LOPA scenario oplevert.

Figuur 2 laat het volgende zien: Er vindt een initiërende gebeurtenis plaats, die mogelijk kan leiden tot een incident (Loss of Containment). Dit is een 'ja' in Figuur 2 en daarom gaat men omhoog in de figuur. Al spoedig na de initiërende gebeurtenis treedt de eerste beschermingslaag (L1) in werking. De kans op falen van deze beschermingslaag is 0,05. Als de beschermingslaag werkt (kans van 0,95), gaat men in de figuur naar beneden en eindigt men bij een 'geen onderbreking van het proces'. Mocht de eerste beschermingslaag falen, dan treedt de tweede beschermingslaag (L2) in werking. De kans op falen van deze beschermingslaag is 0,2. Werkt de tweede beschermingslaag (kans van 0,8), dan gaat men weer omlaag en geeft dit een 'korte reparatiestop'. Mocht de beschermingslaag niet werken, dan gaat men weer omhoog in de figuur en treedt de derde beschermingslaag in werking enz.

Naast het onderscheid in preventive en mitigating layers kan ook onderscheid gemaakt worden tussen passieve en actieve IPL's. Een passieve IPL hoeft niet in actie te komen om effectief te zijn. Hierbij kan gedacht worden aan een bunker of een dijk die moet beschermen tegen blast of scherven. Een actieve IPL moet in actie komen op het moment dat het scenario zich ontketent: Een voorbeeld hiervan is een overdrukventiel van een drukvat. Bij te hoge druk moet deze ventiel zich openen (=actief) om te zorgen dat de druk in het vat verminderd kan worden. Een actieve IPL moet drie onderdelen bevatten:

- Detect: Een sensor (radar, verkenner) neemt waar dat 'iets' ongewensts plaatsvindt
- Decision making process: Op basis van de informatie moet worden besloten of gehandeld zal worden
- Act: Een apparaat of persoon neemt een actie (bijvoorbeeld openen van een afsluiter of vuren).

Een beschermingslaag moet aan een aantal voorwaarden volden:

- Onafhankelijk zijn van het initiërende gebeurtenis
- Onafhankelijk zijn van andere beschermingslagen
- Snel en groot/sterk genoeg zijn (moet adequaat kunnen functioneren)

De afhankelijkheid van de initiating event en andere IPL's kan gemakkelijk over het hoofd gezien worden. Bijvoorbeeld bij common cause failures als stroomuitval. Dit kan er in een winkel toe leiden dat het licht en de beveiligingcamera's uitvallen, terwijl het niet mogelijk is om de (elektrische) rolluiken te sluiten om winkeldieven buiten te houden.

De belangrijkste eigenschap van een IPL is zijn betrouwbaarheid. De faalkans bij aanspraak of Probability of Failure on Demand (PFD) wordt uitgedrukt als één (keer falen) gedeeld door het aantal keer dat een aanspraak op de betreffende laag wordt gedaan en is dus dimensieloos. In de procesindustrie wordt er veelal vanuit gegaan dat de PFD ligt tussen de 10⁻¹ (zwak) tot 10⁻⁵ (sterk). Ook menselijk ingrijpen kan als beschermingslaag fungeren. Echter, de betrouwbaarheid van menselijke interventie is van vele factoren afhankelijk en is daarom 'zwak', typisch tussen de 1 en 10⁻¹ [1]. Hoewel in veel scenario's alles (uiteindelijk) terug te voeren is op falen

van de mens of de onvoorspelbaarheid van de natuur is het veelal praktisch om voor IPL's en initiating events uit te gaan van onderscheid tussen mens, apparatuur en natuur. De faalkans van apparatuur kan veelal beperkt worden door goed ontwerp en tijdig onderhoud of vervanging. Bij mensen kan de faalkans onder andere worden beperkt door een goede opleiding en door een goede veiligheidscultuur in de organisatie.

Conditional modifier

Een gebeurtenis hoeft niet altijd te resulteren in het ergst denkbare effect. Een voetganger die wordt aangereden heeft in veel gevallen een redelijke kans om de aanrijding te overleven, terwijl er toch regelmatig doden vallen. In principe wordt bij LOPA het ergst denkbare scenario uitgewerkt. In het voorbeeld is dit het scenario van een aanrijding met dodelijke afloop. In sommige gevallen worden ook minder ernstige scenario's doorgerekend, bijvoorbeeld omdat deze scenario's vaak voorkomen. In het voorbeeld is dit de aanrijding, waarbij het slachtoffer gewond raakt, maar het ongeluk wel overleeft. Om dit in een LOPA scenario te verwerken, worden conditional modifiers (CM) gebruikt. De CM geeft in dit geval aan, wat de kans is dat iemand een aanrijding overleeft.

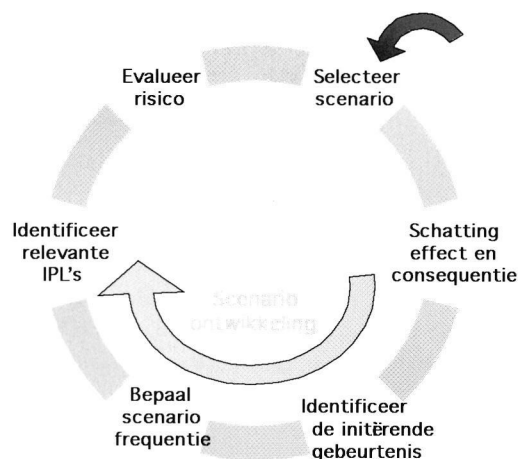
Het (extra) scenario dat ontstaat door het gebruik van de CM, in het bovenstaande voorbeeld is dat het overleven van een aanrijding, hoeft veelal niet verder uitgewerkt te worden. Door het gebruik van de CM wordt ontstaat een scenario met een minder ernstig effect (gewond in plaats van overleden), maar met een grotere kans van optreden. Doordat het effect minder ernstig is, is de acceptabele frequentie van de gebeurtenis groter. De toename van de kans van optreden en de toename van de acceptabele frequentie zijn veelal vrijwel van dezelfde orde. In de toepassing aan het eind van dit artikel zal blijken dat conditional modifiers in sommige scenario's een cruciale rol spelen.

Opbouw van de LOPA methode

Het toepassen van de LOPA methode bestaat uit verschillende stappen, die elkaar in logische volgorde opvolgen. De stappen staan hieronder beschreven en in Figuur 3 weergegeven:

1. Selecteer een scenario.
2. Maak een schatting van de consequentie en de ernst van een scenario (inclusief domino effecten) en bepaal de LOPA Target Factor.
3. Identificeer de initiërende gebeurtenis (IE) van het scenario en de enabling condition (EC) en bepaal de frequentie/ordegrootte hiervan.
4. Identificeer de onafhankelijke beschermingslagen (IPL's) en maak een schatting van de faalkans (PFD) van elke beschermingslaag.
5. Bereken de orde van grootte van het risico van een scenario door het combineren van de initiërende gebeurtenis, de enabling condition en de beschermingslagen.
6. Evalueer het risico om een beslissing te kunnen nemen over het scenario. In deze stap wordt het risico van een scenario vergeleken met de acceptatie criteria.

7. Beslis hoeveel extra aan risico reduceren maatregelen nodig is om een acceptabel risico niveau te krijgen.



Figuur 3: Opbouw van de LOPA methode.

LOPA Target Factor (LTF)

Na het selecteren van een scenario moet een schatting van de consequenties en de effecten van een scenario worden gegeven (stap 2). De eerste stap hierin is het indelen van de effecten in consequentieklassen. Tabel 2 geeft een voorbeeld van een consequentieklassen indeling, deze tabel kan uiteraard aangepast worden voor andere toepassingen. Bij het verwerken van een scenario m.b.v. LOPA wordt voor elke parameter (de kolommen in Tabel 2) onafhankelijk bepaald in welke consequentieklassen het effect moet worden ingedeeld. De uiteindelijke consequentieklassen voor het scenario is de hoogste klasse die gevonden wordt. Bijvoorbeeld: Bij een explosie in een chemische fabriek valt er 1 dode onder het eigen personeel (klasse 4), enkele gewonden in de gemeenschap, is het incident te zien in het regionale nieuws (klasse 4), is er 'serieuze schade' voor het milieu (klasse 3) en '0,1 – 1 M' schade voor het bedrijf (klasse 3). Voor het scenario betekent dit een consequentieklassen 4, want dit is de hoogste klasse, die voor de verschillende parameters voorkomt. Met deze consequentieklassen kan een acceptabel risico worden vastgesteld, d.w.z. de acceptabele frequentie voor het optreden van het scenario. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van een risicomatrix (Tabel 3). In de risicomatrix worden de acceptabele en niet-acceptabele gebieden aangegeven, zoals te zien is in Tabel 3. Hierna wordt voor de hoogste consequentieklassen van het scenario de maximaal acceptabele frequentie bepaald. In het geval van de explosie in de chemische fabriek is de consequentieklassen 4. Tabel 3 laat zien dat de maximaal acceptabele frequentie gelijk is aan 10-5 – 10-6. Om het rekenwerk eenvoudig te maken, wordt van de maximale acceptabele frequentie wordt de 10log genomen om de LOPA Target Factor (LTF) te berekenen. Deze tabel met consequentieklassen, de risicomatrix en de daarbij behorende acceptabele frequenties worden over het algemeen in overleg met de betrokken instanties en/of bedrijven opgesteld.

Consequentie klasse	Eigen personeel	Gemeenschap	Milieu	Schade
1	Geen verzuim	Geen gevaar	Geen melding	<50 k€
2	1 gewonde	Geluids- of stank-overlast	Vergunning	50 – 100 k€
3	>1 gewonde	Gewonden, lokaal nieuws	Serieuze schade	0,1 – 1 M€
4	1 dode	Gewonden, regionaal nieuws	Ernstige schade, korte termijn effect	1 – 10 M€
5	Meerdere doden	Doden, internationaal nieuws	Desastreus lange termijn effect.	>10 M€

Tabel 2: Consequentieklassen

Frequentie van het gevolg (/jr)	Consequentie klasse				
	1	2	3	4	5
10-0 – 10-1					
10-1 – 10-2					
10-2 – 10-3					
10-3 – 10-4					
10-4 – 10-5					
10-5 – 10-6					
10-6 – 10-7					

Tabel 3: Risicomatrix

Safety gap

In stap 6 wordt het scenario geëvalueerd door de frequentie van het scenario, berekend in stap 5, te vergelijken met de acceptabele frequentie (LOPA Target Factor). Het verschil tussen de LTF en de frequentie van een scenario wordt de safety gap genoemd (SG). De SG kan zowel positief als negatief zijn. In geval van een positieve SG is het scenario in het onacceptabele gebied en moeten risicoreducerende maatregelen worden getroffen, bv. het invoeren van beschermingslagen. Beschermingslaag kunnen er voor zorgen dat het scenario in het acceptabele gebied (zie Tabel 3) terecht komt. Dit kan op twee verschillende manieren:

- De frequentie van het scenario kan gereduceerd worden. Dit betekent een verticale verplaatsing naar beneden in Tabel 3
- De consequentie kan minder erg worden. Dit betekent een horizontale verplaatsing naar links in Tabel 3.

DAMA – Defense Against Mortar Attacks

Inleiding

Morteraanvallen zijn aan de orde van de dag tijdens veel out-of-area operaties. De belangrijkste redenen hiervoor zijn dat mortieren eenvoudig verkrijgbaar zijn, gebruik maken van simpele technologie en kunnen worden ingezet door ongetrainde personen. Wanneer alleen mortiergranaten beschikbaar zijn, kan een geïmproviseerde lanceerinstallatie op eenvoudige wijze worden gemaakt uit materialen die wel voorhanden zijn. Het wapen kan eenvoudig worden vervoerd en in stelling worden

gebracht en is bijzonder kosteneffectief. Deze eenvoudige toegankelijkheid heeft geleid tot meer dan 9000 aanvallen op internationale compounds in Irak en Afghanistan gedurende de afgelopen twee jaar. De effecten van een morteraanval zijn meestal bescheiden, doordat het mortierwapen intrinsiek onnauwkeurig is. Deze onnauwkeurigheid wordt verder vergroot door de ongetraindheid van de (terroristische) gebruikers en de gehaaste aard van de aanvalsscenario's. Maar zelfs wanneer de fysieke effecten op personeel en infrastructuur beperkt blijven, zijn de voortdurende aanvallen een belangrijke hinderenis voor het uitvoeren van een missie en van grote invloed op het moreel van het personeel. Al met al is duidelijk dat technologische middelen op zichzelf niet voldoende zijn om de mortierdreiging weg te nemen. Doctrine, training en procedurele aspecten zijn minstens zo belangrijk. Het NATO Program of Work voor 'Defence Against Terrorism' (DAT) heeft de verdediging tegen morteraanvallen geïdentificeerd als een van de prioriteiten binnen de NATO-activiteiten tegen terrorisme. Het programma DAMA (Defence Against Mortar Attacks) is daarom toegevoegd als een werkpakket aan het NATO DAT-programma. DAMA is gericht op korte-termijn oplossingen; de totale doorlooptijd van het programma is twee jaar (2005-2007).

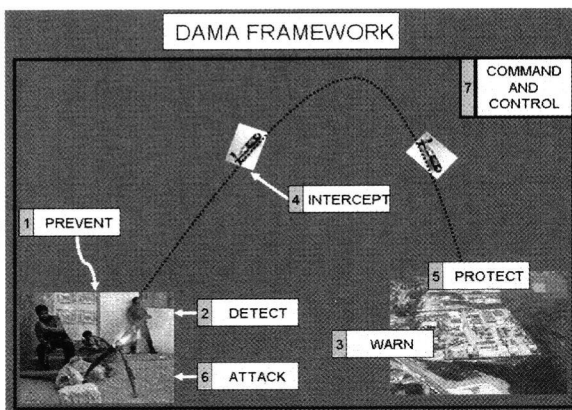
Doelstelling van DAMA

De doelstelling van DAMA is het verenigen van onderzoek en ontwikkelingen die gericht zijn op nieuwe middelen en methoden in het verdedigen tegen morteraanvallen. DAMA zal (multi)nationale en NATO-initiatieven stimuleren, met de nadruk op korte-termijn resultaten en 'quick wins'. Alternatieve toepassingen van bestaande uitrusting en het snel in gebruik nemen van technologie zijn mogelijkheden in het zoeken naar dergelijke korte-termijn resultaten. DAMA richt zich op de mortierdreiging afkomstig van terroristische inzet van mortieren tegen statische objecten (bijv. compounds, civiele infrastructuur) tijdens vredesondersteunende operaties. Hoewel dit buiten de primaire doelstelling valt, kunnen de DAMA resultaten ook bijdragen aan de verdediging tegen andere krombaanmunitie (bijv. raketten) en toepasbaar zijn op langzaam bewegende objecten zoals konvooien.

DAMA gebruikt een conceptueel raamwerk dat bestaat uit zeven pilaren (zie Figuur 4):

- Prevent. Het reduceren of elimineren van de wil en mogelijkheden van de vijand om tactieken, procedures, middelen en terrein te gebruiken voor het uitvoeren van morteraanvallen.
- Detect. Het waarnemen van vijandelijke mortierbeschietingen en de voorbereidende activiteiten daarvoor.
- Warn. Het geven van een tijdige waarschuwing aan personeel in de verwachte inslagzone.
- Intercept. Het uitschakelen van inkomende mortiergranaten voor inslag of detonatie.
- Protect. Het minimaliseren van de schade die veroorzaakt wordt door exploderende mortiergranaten.
- Attack. Het neutraliseren of vernietigen van vijandelijke mogelijkheden voor het uitvoeren van morteraanvallen voor, tijdens of na een aanval.

- Command and control. Het combineren en afstemmen van de systemen en procedures binnen de andere zes pilaren.



Figuur 4 Het DAMA conceptuele raamwerk.

Toepassing van LOPA op DAMA

Inleiding

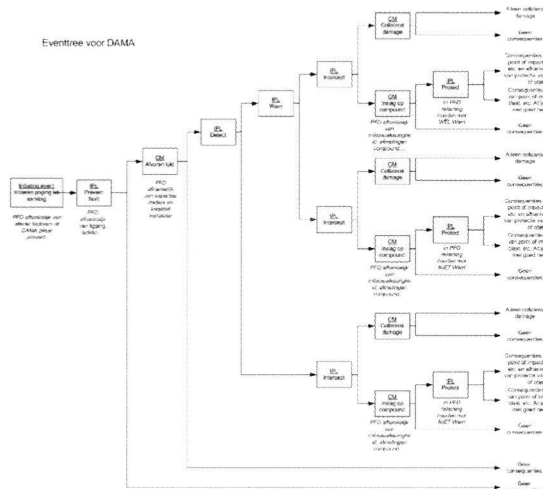
Een van de doelstellingen van het DAMA programma is het identificeren van zogenaamde quick-wins. Dit zijn die aspecten binnen het DAMA raamwerk waarmee de bescherming van compoundpersoneel tegen morteraanvallen het 'gemakkelijkst' kan worden vergroot, dat wil zeggen met minimale kosten of in zo kort mogelijke tijd.

Het DAMA conceptuele raamwerk van Figuur 4 laat een beoordeling van de 'quick-wins' niet zonder meer toe. Omdat het DAMA-raamwerk een gelaagde structuur heeft en LOPA ook met verschillende lagen (parameters) werkt, lijkt toepassing van LOPA een logische keuze. Eén van de voornaamste problemen van deze toepassing is dat de DAMA-pilaren in de huidige definitie diverse onderlinge afhankelijkheden vertonen. Om te onderzoeken of deze bezwaren kunnen worden weggenomen en om te bepalen wat de meerwaarde van de LOPA-methode zou kunnen zijn, heeft TNO een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de toepasbaarheid van LOPA op het DAMA-concept.

Gevolge aanpak

Hiervoor zijn een aantal stappen uitgevoerd. Als eerste is het DAMA-raamwerk omgezet in een gebeurtenissenboom (conform de procesbeschrijving van LOPA in hoofdstuk 3) van een generiek mortieraanvalsscenario. In deze boom zijn een aantal DAMA-pilaren uiteen gerafeld in elementaire gebeurtenissen. Zo is de detectie-pilaar onderverdeeld in een aantal substappen en is de 'prevent' pilaar gedeeltelijk weggelaten. De reden voor het weglaten van 'prevent' is dat deze pilaar bestaat uit meer kwalitatieve aspecten als 'Civil Military Cooperation', 'Intelligence' en het uitvoeren van patrouilles, waarvan de effecten op het uiteindelijke scenario niet te kwantificeren zijn. Het heeft dan ook weinig zin om deze aspecten onder te brengen in een aparte beschermingslaag. Een verkleinde weergave van een gedeelte van deze boom is te zien in onderstaande figuur. In de boom zijn de LOPA-terminen waarmee de elementaire gebeurtenissen geassocieerd

konden worden aangegeven. Zo is te zien dat de meeste DAMA-pilaren rechtstreeks zijn vertaald in een IPL, terwijl een aantal scenario-factoren (bijvoorbeeld de kans dat een mortiergranaat niet detoneert maar blindganger is) is weergegeven als Conditional Modifier. Dit zijn de factoren die niet kunnen worden beïnvloed maar worden bepaald door de (vijandelijke) omgeving.



Figuur 5: Gebeurtenissenboom DAMA-raamwerk

De tweede stap was het inschatten van de faalkansen van de diverse elementen van deze boom. Normaal gesproken zou hier wetenschappelijk onderzoek aan worden gewijd, maar voor de context van deze haalbaarheidsstudie was een ruwe inschatting voldoende en is daarom alleen gebruik gemaakt van de meningen van experts. Benadrukt wordt dan ook dat aan de kanswaarden die in de rest van dit hoofdstuk worden gegeven niet teveel belang moet worden gehecht.

Deze gebeurtenissenboom is vervolgens gebruikt voor een aantal parameterstudies. In het bijzonder is de invloed van de verschillende DAMA-pilaren op de mogelijke uitkomsten van het mortieraanvalsscenario (in termen van doden, gewonden of enkel storing) onderzocht. Een greep uit de resultaten is te vinden in onderstaande tabel.

Pilaar	Scenario	Kans op dodelijke slachtoffers (%)	Kans op zwaargewonden (%)	Kans op lichtgewonden (%)	Kans op storing (%)	Geen gevolgen (%)
Intercept	Wel	1	4	1	16	78
	Geen	1	4	1	16	78
Warn	Wel	0	5	2	16	78
	Geen	7	0	0	16	78
Protect	Wel	1	0	5	16	78
	Geen	1	5	0	16	78
Blindganger	Wel	0	0	0	20	80
	Geen	4	12	4	2	78

Tabel 4: Invloed van DAMA pilaren op mortieraanvalsscenario

Uit de resultaten van deze globale parameterstudie kunnen een aantal conclusies worden getrokken. Hierbij wordt

opnieuw opgemerkt dat deze conclusies nauw samenhangen met de kansschattingen en dat daarom zorgvuldigheid geboden is bij het gebruik ervan.

Protect

Deze pilaar heeft vooral invloed op de verhouding tussen licht- en zwaargewonden. Dat wordt uiteraard veroorzaakt door de opbouw van het scenario, waarin personen gewaarschuwd zijn en dekking zullen proberen te zoeken. Het al dan niet slagen in het zoeken naar dekking bepaalt of een persoon "gewaarschuwd maar onbeschermd" is (en zwaargewond zal kunnen worden door de mortierinslag) of "gewaarschuwd en beschermd" (en alleen lichtgewond zal kunnen raken). Dit is uiteraard alleen correct wanneer kan worden aangenomen dat personen door de waarschuwing ook in het open veld 'dekking' zullen zoeken door te gaan liggen. Als dit niet het geval is, kunnen de consequenties voor 'gewaarschuwd maar onbeschermd' personeel aanzienlijker zijn.

Warn

De invloed van de 'warn' pilaar is een van de meest omvangrijke van de hele gebeurtenissenboom. Omdat wordt aangenomen dat personeel zonder waarschuwing geen dekking zal zoeken en dus onbeschermd bloot staat aan de mortierdreiging, is het aantal dodelijke slachtoffers in het geval van 'geen waarschuwing' aanzienlijk. Uit tabel 4 blijkt dat de kans relatief groot is: 7% Analooq aan de vorige sectie wordt hierbij benadrukt dat deze resultaten direct worden bepaald door de aanname van tijdsvolgorde tussen 'waarschuwing' en 'bescherming' die is gemaakt. Wel blijft de hoofdconclusie dat waarschuwing een van de meeste cruciale stappen in het DAMA scenario is, overeind staan.

Intercept

De conclusie met betrekking tot intercept is op het eerste gezicht een wat verrassende. De invloed van deze pilaar blijkt namelijk gering te zijn. De voornaamste reden is dat interceptie pas zover achteraan het mortieraanvalsscenario plaatsvindt, dat de invloed op de uiteindelijke uitkomst van het scenario gering is. Bovendien kan worden aangenomen dat er, indien wordt gepoogd de mortiergranaat uit te schakelen, voldoende tijd is voor een waarschuwing en om dekking te zoeken. Dus wanneer de interceptie mislukt, blijven de effecten van de mortieraanval beperkt.

Overige factoren

In het scenario zijn een aantal 'overige factoren' te onderscheiden die in de LOPA-terminologie 'conditional modifiers' worden genoemd. Deze factoren zijn niet te controleren, maar hebben een grote invloed op de uitkomsten. Ze zijn daarom als aparte factor in de gebeurtenissenboom opgenomen en niet als beschermingslaag, conform de aanpak die LOPA voorschrijft. Wanneer wordt gekeken naar de 'slaagkans = 100%' situaties blijkt dat het feit dat de mortieraanvalsscenario's vrijwel geen schadelijke gevolgen voor de compound hebben voor een groot deel wordt veroorzaakt door de onkunde van de schutters, de slechte kwaliteit munitie en de haast waarmee wordt geschoten.

Wanneer de schutters betere capaciteiten zouden hebben en ze er daardoor vaker dan momenteel in zouden slagen een mortiergranaat af te vuren, zou een mortieraanvalsscenario (bij gelijkblijvende overige omstandigheden) een veel grotere dreiging vormen met een veel hoger risico op slachtoffers. Datzelfde geldt wanneer de kwaliteit van de munitie zou toenemen en (in mindere mate) wanneer de compound vaker geraakt zou worden dan momenteel. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het investeren in DAMA zeker de moeite waard is, omdat de beperkte gevolgen van mortieraanvallen tot op heden vooral worden veroorzaakt door toevalsfactoren vanuit de zijde van tegenstander die niet te sturen zijn. Dergelijke inzichten zijn bijzonder waardevol in verwerkingstrajecten van nieuwe technische middelen. Uit het hier geschetste voorbeeld blijkt bijvoorbeeld dat aanschaf van bepaalde nieuwe (wapen)systemen soms beperkte invloed zal hebben op de veiligheid van defensiepersoneel. Zo hangt, binnen het hier beschouwde scenario, de veiligheid van compoundpersoneel meer af van de handel en wandel van de terroristische vijand. Investeren in de relatie met deze vijand en de wijze waarop deze aan zijn wapens komt kan daarom in dit geval wellicht meer vruchten afwerpen dan inzet van meer of nieuwe (wapen)systemen. Benadrukt wordt dat deze conclusies alleen zijn gebaseerd op de hier beschouwde scenario's en (ruwe) kansschattingen. Dergelijke conclusies hebben dan ook geen algemene betekenis; toch geven ze al een voorproefje van de meerwaarde die LOPA biedt voor defensietoepassingen.

Samenvatting en conclusies

In dit artikel is een beschrijving gegeven van de LOPA-methode. Ingegaan is op de elementen waaruit deze methode bestaat en op de werkwijze die moet worden gevolgd bij toepassing ervan. Vervolgens is een toepassing van de LOPA-methode op een militaire situatie beschreven. Het resultaat van deze toepassing is een snelle analyse welke beschermingslagen een belangrijke toegevoegde waarde hebben in de bescherming tegen mortieraanvallen. Hieruit blijkt duidelijk de meerwaarde van de kruisbestuiving tussen civiele methoden en militaire toepassingen.

Literatuur

Center for Chemical Process Safety, 2001, Layer of Protection Analysis simplified process risk assessment, American Institute for Chemical Engineers, New York

INHERENTE VEILIGHEID IN DE PRAKTIJK

Ir. W.B.Patberg, process safety associate, Dow Chemical, Terneuzen, e-mail: wbpberg@dow.com

Inleiding

Inherente Veiligheid is binnen de procesindustrie een vrij bekend begrip. Structurele toepassing bij ontwerp, wijzigingen en bedrijfsvoering is echter vrij zeldzaam. Bij navraag kunnen er niet altijd voorbeelden van toepassing binnen het eigen bedrijf gegeven worden. Dit artikel beoogt een bijdrage te zijn aan het concreet invoeren van Inherente Veiligheid.

Samenvatting

In dit artikel worden eerst enige redenen gegeven waarom een proces soms minder veilig wordt ontwikkeld etc. dan mogelijk is. Dan worden de principes van Inherente Veiligheid behandeld. De nadruk ligt daarbij op voorbeelden. Deze zijn niet alleen gericht op de procesindustrie maar ook op het midden – en kleinbedrijf. Verder worden een aantal suggesties aan de hand gedaan voor het invoeren van Inherente Veiligheid in een organisatie bij ontwerp, wijzigingen en bedrijfsvoering. Ten slotte wordt het onderwerp middels een aantal opmerkingen in het algemene perspectief van een veiligheidsbeleid en de uitvoering daarvan geplaatst.

Inherente Onveiligheid

Vanaf het eerste onderzoek tot en met de uiteindelijke ontmanteling zijn er veel mogelijkheden om het proces minder veilig te ontwikkelen, ontwerpen, bouwen en bedrijven dan mogelijk is. Voor elk van de fases in een proces worden een aantal mogelijkheden aangegeven:

Onderzoek en Ontwikkeling

- Onvoldoende onderzoek naar veiliger alternatieven
- Voortgang op de ooit ingeslagen weg, hoogstens optimalisatie van details.

Ontwerp

- De nadruk op meer van hetzelfde, met name bij uitbreiding
- Blijven uitgaan van de beschikbare kennis en ervaring
- Een zo goedkoop mogelijk in plaats van een zo eenvoudig mogelijk ontwerp (als bijkomend voordeel vaak lagere productiekosten).

Bouw

- Selectie van de laagste aanbieder ipv de beste/meest veilige.

Bedrijfsvoering en onderhoud

- Het accepteren van de noodzaak tot frequente reparaties
- Het maskeren van ontwerpfouten, extra beveiligingen aanbrengen
- Geen terugkoppeling naar Onderzoek/Ontwikkeling en/of Ontwerp.

Ontmanteling

- Zo snel en goedkoop mogelijk. Geen onderzoek naar slijtage, vervuiling etc.

Inherente Veiligheid

Het zou te ver voeren om alle definities en beschrijvingen van Inherente Veiligheid hier te noemen. Je zou kunnen zeggen dat Inherente Veiligheid het tegengestelde inhoudt van wat onder Inherente Onveiligheid is genoemd.

“De essentie van de toepassing van Inherente Veiligheid bij het ontwerpen en bedrijven van een proces is het vermijden van gevaren in plaats van de bescherming ertegen” (Trevor Kletz, 1991). Een proces is inherent veiliger als één of meer van de gevaren worden ge-elimineerd of gereduceerd op een wijze die onlosmakelijk met het proces is verbonden en die blijvend is.