

Informatienota Procesveiligheidsstudie



Belgische Seveso-inspectiediensten

Deze brochure is gratis te verkrijgen bij:

Afdeling van het toezicht op de chemische risico's
Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid
en Sociaal Overleg
Ernest Blerotstraat 1
1070 Brussel

Tel: 02/233 45 12
Fax: 02/233 45 69
E-mail: CRC@werk.belgie.be

Verantwoordelijke uitgever:
FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg

De brochure kan ook gedownload worden van de
volgende website: www.werk.belgie.be/acr

Cette brochure est aussi disponible en français.

Kenmerk: CRC/IN/002-N
Versie: 3
Wettelijk depot: D/2011/1205/75

De redactie van deze brochure werd afgesloten op
22 december 2011.

Deze brochure is een gemeenschappelijke publica-
tie van de volgende Seveso-inspectiediensten:

- de afdeling Milieu-inspectie van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse Overheid, dienst Toezicht zwaar-
risicobedrijven
- Leefmilieu Brussel – BIM
- de Afdeling van het toezicht op de chemische
risico's van de FOD Werkgelegenheid, Arbeid
en Sociaal Overleg

Redactie: Peter Vansina

Foto: copyright BASF Antwerpen NV

Omslag: Sylvie Peeters

Inleiding

Deze nota is bedoeld als een leidraad voor het uitvoeren van procesveiligheidsstudies. Met de term "procesveiligheidsstudie" bedoelen we het geheel van studies die worden uitgevoerd bij het ontwerpen en wijzigen van procesinstallaties, met de bedoeling de nodige maatregelen te treffen om de risico's van ongewenste vrijzettingen van stoffen of energie te beheersen. Deze maatregelen zullen in hoofdzaak deel uitmaken van de installaties zelf, maar daarnaast kunnen ze ook betrekking hebben op de gebouwen van de Sevesosite, de lay-out van de site, de nutsvoorzieningen, en dergelijke meer.

Met de term "procesinstallaties" bedoelen we alle installaties waarin gevaarlijke stoffen op industriële schaal worden opgeslagen, verwerkt of geproduceerd. Binnen de context van deze nota beschouwen we dus bijvoorbeeld ook opslagplaatsen van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen (vaten, flessen, containers, ...) als procesinstallaties. We viseren met deze publicatie immers alle installaties die onderworpen zijn aan het samenwerkingsakkoord¹. Dit neemt echter niet weg dat de aanpak van de procesveiligheidsstudies die hier wordt uiteengezet ook kan toegepast worden voor procesinstallaties die geen deel uitmaken van een Sevesobedrijf.

In hoofdstuk 1 zullen we uiteenzetten welke bepalingen van het samenwerkingsakkoord betrekking hebben op procesveiligheidsstudies. In hoofdstuk 2 zullen we een overzicht geven van de studies die deel uitmaken van de procesveiligheidsstudie van een Sevesosite. In dat hoofdstuk wijzen we verder op het belang van een goede documentatie van de procesveiligheidsstudie.

In de daaropvolgende hoofdstukken zullen we elk onderdeel van de procesveiligheidsstudie in detail toelichten. Het spreekt vanzelf dat sommige studies voor bepaalde bedrijven meer of minder relevant zullen zijn in functie van hun activiteiten, de aanwezige stoffen en de aanwezigheid van eventuele externe gevarenbronnen.

De visie op de studie van de risico's van ongewenste vrijzettingen die hier uiteengezet wordt en de wijze waarop op aan deze visie praktische invulling wordt gegeven, heeft niet de pretentie om de enige juiste te zijn. De inhoud van deze nota heeft dan ook geen verplichtend karakter. Andere praktijken zijn dus eveneens aanvaardbaar, voor zover deze in staat zijn om een evenwaardige toepassing van de reglementaire voorschriften te verzekeren.

¹ Samenwerkingsakkoord van 21 juni 1999 tussen de Federale Staat, het Vlaams Gewest, het Waals Gewest en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken (B.S. van 16 juni 2001)

Inhoud

1 HET SAMENWERKINGSAKKOORD.....	7
1.1 Doelstelling	7
1.2 Een zwaar ongeval	8
1.3 Alle nodige maatregelen	8
1.4 Een hoog beschermingsniveau	10
1.5 De aantoonplicht.....	10
1.6 Identificeren van de gevaren en evalueren van de risico's van zware ongevallen.....	10
2 DE ONDERDELEN VAN EEN PROCESVEILIGHEIDSSSTUDIE	13
2.1 Risico's van ongewenste vrijzettingen	13
2.2 Maatregelen voor het beheersen van procesrisico's	17
2.3 De identificatie en evaluatie van procesrisico's.....	19
2.4 Het onderzoek van de maatregelen	23
2.5 De studie van procesgevaren.....	24
2.6 De uitvoering van procesveiligheidsstudies.....	25
2.7 De documentatie van procesveiligheidsstudies.....	26
3 DE STUDIE VAN DE PROCESGEVAREN	31
3.1 Identificatie van de stoffen in de installatie.....	31
3.2 Onderzoek naar de eigenschappen van de stoffen	32
3.3 Identificatie van de reacties.....	33
3.4 Onderzoek naar de eigenschappen van reacties	33
3.5 Onderzoek naar de vermindering van het gevarenpotentieel.....	34
4 BEHEERSING VAN PROCESSTORINGEN.....	35
4.1 Risico's van vrijzetting door processtoringen.....	35
4.2 Maatregelen om vrijzettingen te vermijden.....	38
4.3 Identificatie van risico's van processtoringen	40
4.4 Evaluatie van de risico's en het specificeren van maatregelen	41
5 BEHEERSING VAN DE DEGRADATIE VAN DE OMHULLINGEN	49
5.1 Risico's van degradatie van de omhulling	49
5.2 Maatregelen om risico's van degradatie te beheersen	50
5.3 Identificatie van risico's van degradatie	51
5.4 Evaluatie van de risico's en specificeren van maatregelen	53

6	BEPERKING VAN ACCIDENTELE VRIJZETTINGEN	57
6.1	De risico's van grote vrijzettingen	57
6.2	Maatregelen om accidentele vrijzettingen te beperken	57
6.3	Onderdelen met risico's van grote vrijzettingen.....	60
6.4	Evaluëren van de risico's en het specificeren van maatregelen.....	61
7	BEHEERSING VAN DE VERSPREIDING VAN STOFFEN EN ENERGIE.....	65
7.1	Risico's van verspreiding	65
7.2	Maatregelen om verspreiding te beheersen	66
7.3	Identificatie van de risico's van verspreiding van stoffen en energie	68
7.4	Evaluëren van de risico's en specificeren van maatregelen	69
8	HET VERMIJDEN VAN ONTSTEKINGSBRONNEN.....	71
8.1	Risico's van de ontsteking van een explosieve atmosfeer	71
8.2	Maatregelen om ontsteking van explosieve wolken te vermijden	73
8.3	Identificatie van risico's van explosieve atmosferen	76
8.4	Evaluatie van risico's en specificeren van maatregelen.....	81
9	BESCHERMING TEGEN BRAND	83
9.1	Risico's van schade door brand	83
9.2	Maatregelen om schade door brand te beperken	85
9.3	Identificatie van risico's van brandschade.....	87
9.4	Evaluëren van de risico's en specificeren van maatregelen	89
10	BESCHERMING TEGEN EXPLOSIES	93
10.1	Risico's van explosies	93
10.2	Maatregelen ter bescherming tegen explosies.....	94
10.3	Identificeren van risico's van schade door explosie.....	95
10.4	Evaluëren van risico's en specificeren van maatregelen	96
11	BESCHERMING TEGEN BLOOTSTELLING AAN VRIJGEZETTE STOFFEN	99
11.1	Risico's van schade door blootstelling aan stoffen	99
11.2	Maatregelen ter bescherming tegen blootstelling.....	100
11.3	Identificeren van risico's van blootstelling	102
11.4	Evaluëren van risico's en specificeren van maatregelen	103
12	ANALYSE VAN ENKELE TYPISCHE MAATREGELLEN	105
12.1	Veiligheidskleppen	105
12.2	Instrumentele beveiligingen	107
12.3	Correctieve menselijke handelingen	110
12.4	Lekbeperking via noodafsluiters.....	110
12.5	Dubbelwandige omhullingen.....	113
12.6	Inkuipingen.....	113
12.7	Opvang- en afvoersystemen.....	114
12.8	Procesgebouwen	115
12.9	Brandwerende beschermingen	116
12.10	Externe waterkoeling.....	116



1

Het samenwerkingsakkoord

1.1 Doelstelling

De doelstelling van het samenwerkingsakkoord in opgenomen in artikel 2.

Art. 2. *Dit samenwerkingsakkoord betreft de preventie van zware ongevallen, waarbij gevaarlijke stoffen betrokken zijn, en de beperking van de gevolgen daarvan voor mens en milieu, teneinde op coherente en doeltreffende wijze hoge niveaus van bescherming in het hele land te waarborgen.*

Het samenwerkingsakkoord bevat geen concrete technische voorschriften voor de beveiliging van procesinstallaties. Daartegenover staat wel de algemene verplichting opgelegd in artikel 7, dat de exploitant alle nodige maatregelen moet nemen om zware ongevallen te voorkomen en om de gevolgen daarvan voor mens en milieu te beperken. Bovendien moet de exploitant te allen tijde kunnen aantonen aan de bevoegde inspectiediensten dat hij deze maatregelen genomen heeft.

Art. 7. *De exploitant neemt alle nodige maatregelen om zware ongevallen te voorkomen en om de gevolgen daarvan voor mens en milieu te beperken.*

De exploitant moet te allen tijde aan de bevoegde inspectiediensten kunnen aantonen, met name voor de in artikel 28 bedoelde inspecties en controles, dat hij alle in dit samen-

werkingsakkoord aangegeven noodzakelijke maatregelen heeft genomen.

Het samenwerkingsakkoord beschrijft niet op welke wijze een bedrijf moet komen tot de nodige maatregelen. In de praktijk worden verschillende methoden gebruikt. Het geheel van maatregelen dat in een procesinstallatie wordt geïmplementeerd om de risico's van zware ongevallen te beheersen, is in vele gevallen het resultaat van verschillende studies, die zich toespitsen op specifieke risico's en op bepaalde types van maatregelen. Het geheel van studies dat moet leiden tot de nodige maatregelen, duiden we in deze informatienota aan met de term 'procesveiligheidsstudie'. De procesveiligheidsstudie kan dus bestaan uit verschillende, complementaire deelstudies.

Het samenwerkingsakkoord schrijft niet voor hoe de procesveiligheidsstudie moet worden uitgevoerd maar vraagt wel dat een bedrijf zijn werkwijze schriftelijk vastlegt. Ook de uitvoering van een procesveiligheidsstudie bij het ontwerpen van nieuwe installaties of bij het wijzigen van bestaande installaties moet worden beschreven. Dat kunnen we afleiden uit artikel 9 (voor de lage drempelbedrijven) en artikel 10 (voor de hogedrempelbedrijven). Deze artikels vragen dat Sevesobedrijven schriftelijk vastleggen op welke wijze de volgende activiteiten worden uitgevoerd:

- het identificeren van de gevaren en het evalueren van de risico's van zware ongevallen,
- het ontwerpen van nieuwe installaties, processen of opslagplaatsen en het uitvoeren

van wijzigingen aan bestaande installaties, processen of opslagplaatsen.

De verplichtingen van het samenwerkingsakkoord zijn zeer algemeen opgesteld. Dit betekent uiteraard niet dat de beheersing van risico's van zware ongevallen en de uitvoering van veiligheidsstudies een vrijblijvende bezigheid zou zijn. Aan deze algemene bepalingen moet concrete invulling gegeven worden door de exploitanten. De Seveso-inspectiediensten moeten deze concrete invulling beoordelen en moeten daarom ook zelf een visie ontwikkelen over de praktische omzetting van deze algemene bepalingen.

We zullen in dit hoofdstuk een aantal cruciale begrippen toelichten die hierboven reeds geciteerd werden:

- een zwaar ongeval
- alle nodige maatregelen
- een hoog niveau van bescherming
- het identificeren van de gevaren en het evalueren van de risico's van zware ongevallen.

Naast het samenwerkingsakkoord is er nog andere federale en gewestelijke regelgeving die betrekking heeft op het ontwerpen van procesinstallaties en op het uitvoeren van risicostudies. Het geven van een volledig overzicht en een bespreking van al deze regelgeving vallen buiten de scope van dit document. We beperken ons tot het samenwerkingsakkoord, omdat dit de gemeenschappelijk reglementaire basis is voor alle Seveso-inspectiediensten.

1.2 Een zwaar ongeval

Een zwaar ongeval wordt in artikel 4 gedefinieerd als volgt:

"een gebeurtenis, zoals een zware emissie, brand of explosie die het gevolg is van ongecontroleerde ontwikkelingen tijdens de exploitatie van een onder dit samenwerkingsakkoord begrepen inrichting, die hetzij onmiddellijk, hetzij na verloop van tijd een ernstig gevaar oplevert voor de gezondheid van de mens binnen of buiten de inrichting of voor het milieu en waarbij één of meer gevaarlijke stoffen betrokken zijn."

De definitie van een zwaar ongeval veronderstelt dus niet dat er effectief schade wordt berokkend aan mens of milieu. Het gaat om gebeurtenissen die een ernstig gevaar opleveren, die met andere woorden de inherente mogelijkheid inhouden om mens of milieu te beschadigen. Het is duidelijk dat zware emissies, branden en explosies gebeurtenissen zijn met een dergelijk potentieel.

Er worden geen criteria gegeven die het begrip "ernstig" nader omschrijven. Zoals we verder zullen zien, mag deze vage omschrijving echter geen struikelblok vormen bij de uitvoering van procesveiligheidsstudies.

Voor de volledigheid vermelden we dat in bijlage V bij het samenwerkingsakkoord criteria worden gegeven voor de kennisgeving van een zwaar

ongeval door de bevoegde overheden aan de Europese Commissie. Deze criteria mogen niet gezien worden als een verdere verduidelijking of beperking van de definitie van een zwaar ongeval. Voor het invullen van hun verplichtingen moeten de exploitanten gebruik maken van de ruimere definitie vermeld in artikel 4. Aan de hand van bijlage V wil men verzekeren dat ten minste de zware ongevallen die aan de bepaalde criteria voldoen door de lidstaten gemeld worden aan de commissie. De lidstaten zijn vrij om ook andere zware ongevallen of relevante incidenten te melden.

1.3 Alle nodige maatregelen

Zware ongevallen voorkomen en de gevolgen beperken

Het samenwerkingsakkoord legt in artikel 7 aan de exploitanten op om *alle nodige* maatregelen te nemen om zware ongevallen te voorkomen en om de gevolgen daarvan voor mens en milieu te beperken.

Bij het nemen van maatregelen moet er dus een dubbel doel nagestreefd worden: zowel het voorkomen van zware ongevallen als het beperken van de gevolgen ervan. De richtlijn geeft hier dus aan dat de verplichting om maatregelen te nemen om zware ongevallen te voorkomen geen afbreuk doet aan de verplichting om maatregelen te nemen om de gevolgen te beperken. Beide soorten maatregelen zijn nodig, en de aanwezigheid van de ene soort maatregelen neemt de noodzaak tot het nemen van de andere soort niet weg. Het beheersen van de risico's van zware ongevallen is dus gebaseerd op een dubbele strategie: voorkomen dat ze gebeuren en als ze zich toch voordoen, ondanks de inspanningen om ze te voorkomen, de gevolgen ervan te beperken.

Als we deze verplichting combineren met de definitie van een zwaar ongeval, dan betekent artikel 7 dat de exploitant alle nodige maatregelen moet nemen om:

- zware emissies te voorkomen
- branden en explosies te voorkomen
- de gevolgen van zware emissies te beperken voor de mens en voor het milieu
- de gevolgen van branden te beperken voor de mens en voor het milieu
- de gevolgen van explosies te beperken voor de mens en voor het milieu.

Hieronder geven we wat toelichting bij elk van deze vijf doelstellingen. Elk van deze doelstellingen zal uitgebreid behandeld worden in de volgende hoofdstukken, zij het volgens een enigszins andere structuur.

Voorkomen van zware emissies

Het voorkomen van zware emissies betekent in de eerste plaats het voorkomen van ongewenste vrijzettingen uit de installatie.

Men kan zich de vraag stellen of men alle ongewenste vrijzettingen moet voorkomen of enkel de

"zware emissies". Volgens de definitie van een zwaar ongeval is een emissie "zwaar" indien ze beschouwd kan worden als een gebeurtenis die een ernstig gevaar oplevert voor mens of milieu. Bovendien moeten er gevaarlijke stoffen bij betrokken zijn, zoals gedefinieerd in het samenwerkingsakkoord. Voor de uitvoering van procesveiligheidsstudies is deze vraag echter van weinig praktische waarde. In de praktijk zal men in een procesveiligheidsstudie alle oorzaken van vrijzettingen moeten identificeren evenals de gevolgen ervan. Het is immers niet mogelijk om a priori vrijzettingen uit te sluiten zonder ze geëvalueerd te hebben. De evaluatie op zich of een vrijzetting nu al dan niet een "ernstig" gevaar kan opleveren, is bovendien niet eenvoudig. Niet alleen omdat "ernstig" niet omschreven is, maar ook omdat de gevolgen van een vrijzetting sterk afhankelijk zijn van een aantal toevalsfactoren. Naast de directe gevaren van een vrijzetting moet men ook mogelijke domino-effecten in rekening brengen. Bijvoorbeeld: een beperkt lek van een ontvlambare vloeistof kan aanleiding geven tot een brand die, wanneer niet tijdig wordt ingegrepen, zich kan uitbreiden naar andere installatieonderdelen. De praktijk heeft ook aangetoond dat, zeker bij milieuongevallen, de vrijzetting van relatief kleine hoeveelheden al ernstige gevolgen kan hebben. De vraag of een mogelijke ongewenste vrijzetting die geïdentificeerd wordt tijdens een procesveiligheidsstudie, nu al dan niet beschouwd moet worden als een zwaar ongeval, heeft weinig toegevoegde waarde. Het is belangrijk dat men alle oorzaken van vrijzettingen evalueert en dat men voor elke vrijzetting de nodige maatregelen neemt om ze te voorkomen en dit in overeenstemming met de potentiële ernst van de gevolgen.

Het voorkomen van zware emissies betekent niet alleen dat men ongewenste vrijzettingen voorkomt, maar ook dat men maatregelen neemt om te voorkomen dat beperkte vrijzettingen uitgroeien tot zware emissies (of dat zware emissies nog zwaarder worden). Men dient dus ook maatregelen te overwegen om lekken, eens ze zich hebben voorgedaan, te beperken.

Voorkomen van branden en explosies

Het voorkomen van branden en explosies start bij het voorkomen dat brandbare stoffen worden vrijgezet. Hierboven hebben we reeds de verplichting besproken om ongewenste vrijzettingen te voorkomen. De verplichting om branden en explosies te voorkomen is dus een bevestiging hiervan. Het voorkomen van branden en explosies betekent verder dat men maatregelen neemt om de vorming van een explosieve wolk te voorkomen en om ontstekingsbronnen te vermijden.

Explosies kunnen niet alleen het gevolg zijn van de ontsteking van een ontvlambaar mengsel van zuurstof en brandbare stoffen, maar ook het gevolg zijn van het explosief falen van een installatieonderdeel (dit zijn zogenaamde "fysische explosies"). Een derde type van explosies dat men moet voorkomen, zijn explosies van explosieve stoffen.

De gevolgen van zware emissies beperken voor mens en milieu

Het beschermen van de mens tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen (en dus het beperken van de gevolgen ervan) kan gerealiseerd worden op verschillende wijzen:

- het preventief vermijden van de aanwezigheid van mensen in zones met een hoog risico op blootstelling
- het tijdig evacueren van mensen uit zones die bedreigd worden door vrijgezette stoffen
- het voorkomen dat stoffen zich verspreiden naar mensen
- het gebruik van persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen (zoals gasdichte gebouwen)
- eerste hulp.

Merk op dat deze strategieën complementair zijn. De ene soort maatregelen maakt de andere niet overbodig.

Het milieu beschermen tegen de gevolgen van zware emissies zal in hoofdzaak gerealiseerd moeten worden door te voorkomen dat de vrijgezette stoffen in contact komen met kwetsbare delen van het milieu. Maatregelen om de verspreiding van stoffen die het milieu bedreigen tegen te gaan, zijn in dit verband dus zeer belangrijk.

De gevolgen van branden beperken voor mens en milieu

Het beperken van de gevolgen van branden voor de mens kan op verschillende manieren gerealiseerd worden:

- het preventief beperken van de aanwezigheid van mensen in zones met een hoog brandrisico
- tijdige detectie van brand gevolgd door evacuatie
- het vertragen van de uitbreiding van een brand naar zones waar mensen zich bevinden (bijvoorbeeld door het blussen van de brand of het toepassen van brandcompartimentering)
- het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen (brandvertragende kledij)
- eerste hulp.

De voornaamste risico's van een brand voor het milieu houden verband met de vorming van ecotoxische verbrandingsproducten, met de verspreiding van gecontamineerd bluswater in het milieu en met de uitbreiding van de brand naar de omgeving en de bijhorende milieuschade. De impact van verbrandingsproducten zal vooral aan de bron moeten aangepakt worden: hoe sneller de brand onder controle is, hoe minder verbrandingsproducten gevormd worden. Voor bluswater zijn voldoende opvang nodig, evenals maatregelen om te verhinderen dat het verontreinigd bluswater terechtkomt in een kwetsbaar milieucompartment.

De gevolgen van explosies beperken voor mens en milieu

De volgende strategieën kunnen gebruikt worden om de gevolgen van explosies te beperken:

- het respecteren van afstandsregels

- het preventief beperken van de aanwezigheid van mensen in zones met een hoog explosierisico
- het inkapselen van een bron van explosiegevaar (met behulp van explosiebestendige muren)
- het beschermen van gebouwen tegen de effecten van een explosie.

Deze strategieën worden in de praktijk meestal gebruikt voor de bescherming van de mens, maar kunnen in principe ook gebruikt worden voor de bescherming van omgeving (infrastructuur en milieu-onderdelen die rechtstreeks schade zouden kunnen ondervinden van een explosie).

1.4 Een hoog beschermingsniveau

Het nemen van de nodige maatregelen om zware ongevallen te voorkomen en de gevolgen ervan te beperken, moet leiden tot een hoog beschermingsniveau. Het waarborgen van hoge niveaus van bescherming is niet alleen opgenomen in de doelstelling van het samenwerkingsakkoord, maar ook in de artikels 9 en 10 die de exploitant (respectievelijk van een lage drempel-inrichting en een hoge drempel-inrichting) verplichten om een preventiebeleid voor zware ongevallen te voeren dat borg staat voor een hoog beschermingsniveau.

Art. 9. § 1. *De exploitant van een inrichting bedoeld in artikel 3, § 1, derde lid, stelt een document op waarin hij zijn preventiebeleid voor zware ongevallen uiteenzet en hij zorgt voor de correcte uitvoering van dat beleid. Het door de exploitant gevoerde beleid ter preventie van zware ongevallen moet borg staan voor een hoog beschermingsniveau voor mens, en milieu door middel van passende maatregelen, middelen, structuren en beheerssystemen.*

Art. 10. § 1. *De exploitanten van de in artikel 3, § 1, tweede lid bedoelde inrichtingen:*

1° voeren een beleid ter preventie van zware ongevallen, dat borg staat voor een hoog beschermingsniveau van de mens en van het milieu;

2° voeren een doeltreffend veiligheidsbeheersysteem in, dat borg staat voor de uitvoering van dit beleid.

Het samenwerkingsakkoord geeft geen nadere omschrijving van wat precies verstaan moet worden onder dit "hoog beschermingsniveau".

Volgens de Seveso-inspectiediensten is een hoog beschermingsniveau ten minste gelijk aan het beschermingsniveau dat men bekomt door toepassing van de relevante codes van goede praktijk die door de industrie (eventueel in samenwerking met overheden) zelf werden opgesteld en die doorgaans gebaseerd zijn op lessen getrokken uit ongevallen en incidenten. Het is mogelijk dat deze in bepaalde gevallen verder gaan dan de technische wettelijke voorschriften, die uiteraard ook moeten nageleefd worden.

1.5 De aantoonplicht

Artikel 7 van het samenwerkingsakkoord formuleert niet alleen de verplichting om alle nodige maatregelen te nemen, maar schrijft daarenboven ook voor dat de exploitant te allen tijde moet kunnen *aantonen* aan de bevoegde inspectiediensten dat hij alle in het samenwerkingsakkoord noodzakelijke maatregelen heeft genomen.

Het feit dat deze aantoonplicht is opgenomen samen met de verplichting om alle nodige maatregelen te nemen, wijst op het fundamentele karakter ervan.

Het aantonen dat men alle nodige maatregelen getroffen heeft, legt immers indirect een belangrijke bijkomende voorwaarde op, namelijk dat de nodige maatregelen het resultaat moeten zijn van een systematisch onderzoek, die goed gedocumenteerd en goed geargumenteed moet zijn.

De aantoonplicht houdt in de eerste plaats in dat het duidelijk moet zijn welke maatregelen getroffen werden om zware ongevallen te voorkomen en om de gevolgen ervan te beperken. Men moet verder kunnen aantonen dat men de noodzaak tot het nemen van maatregelen op een systematische wijze heeft onderzocht. Er moet kunnen geargumenteed worden waarom de genomen maatregelen voldoende zijn om de risico's van zware ongevallen te beheersen. Tenslotte is het noodzakelijk dat men aantoont dat de maatregelen die men getroffen heeft effectief en betrouwbaar zijn en dat de eventuele risico's die de maatregelen zelf met zich zouden meebrengen, voldoende beheerst zijn. Maatregelen zijn effectief als ze het beoogde effect realiseren. De betrouwbaarheid van maatregelen houdt verband met de kans dat een maatregel correct werkt op het ogenblik dat hij aangesproken wordt. We komen verder in deze nota nog uitgebreid terug op de effectiviteit en de betrouwbaarheid van maatregelen.

1.6 Identificeren van de gevaren en evalueren van de risico's van zware ongevallen

Hierboven werd reeds vermeld dat de Seveso-bedrijven een beleid ter preventie van zware ongevallen moeten voeren. Dit preventiebeleid moet in de praktijk worden gebracht door de uitvoering van een aantal activiteiten die essentieel zijn voor het beheersen van de risico's van zware ongevallen en die in het samenwerkingsakkoord zijn opgesomd. De beschrijving in het samenwerkingsakkoord van deze activiteiten voor de lagedrempelbedrijven verschilt lichtjes van deze voor de hogedrempelbedrijven, maar in wezen gaat het om dezelfde activiteiten.

Twee van deze activiteiten zijn:

- het identificeren van de gevaren en het evalueren van de risico's van zware ongevallen
- het ontwerpen van nieuwe installaties, processen of opslagplaatsen en het uitvoeren

van wijzigingen aan bestaande installaties, processen of opslagplaatsen.

Zowel hogedrempelbedrijven als lagedrempelbedrijven dienen schriftelijk vast te leggen op welke wijze deze activiteiten worden uitgevoerd. Lagedrempelbedrijven kunnen zich beperken tot één document waarin de wijze wordt beschreven hoe het beleid ter preventie van zware ongevallen in de praktijk wordt gebracht. Hogedrempelbedrijven moeten een veiligheidsbeheersysteem invoeren dat borg staat voor de uitvoering van het beleid ter preventie van zware ongevallen. Lagedrempelbedrijven kunnen uiteraard ook opteren voor het invoeren van een veiligheidsbeheersysteem.

Hieronder hernemen we de teksten van de betrokken artikels uit het samenwerkingsakkoord.

Art. 9. § 1. *De exploitant van een inrichting bedoeld in artikel 3, § 1, derde lid, stelt een document op waarin hij zijn preventiebeleid voor zware ongevallen uiteenzet en hij zorgt voor de correcte uitvoering van dat beleid. Het door de exploitant gevoerde beleid ter preventie van zware ongevallen moet borg staan voor een hoog beschermingsniveau voor mens, en milieu door middel van passende maatregelen, middelen, structuren en beheerssystemen.*

§ 2. *Het in § 1 bedoelde document omvat een beschrijving van het preventiebeleid en van de wijze waarop dit beleid in de praktijk wordt gebracht. Deze beschrijving is afgestemd op de gevaren van zware ongevallen die de inrichting met zich meebrengt en heeft met name betrekking op*

...
2° de wijze waarop de volgende activiteiten binnen de inrichting zijn georganiseerd:

...
c) het identificeren van de gevaren en het evalueren van de risico's van zware ongevallen;

...
e) het ontwerpen van nieuwe installaties, processen of opslagplaatsen en het uitvoeren van wijzigingen aan bestaande installaties, processen of opslagplaatsen;

...

Art. 10. § 1. *De exploitanten van de in artikel 3, § 1, tweede lid bedoelde inrichtingen:*

1° voeren een beleid ter preventie van zware ongevallen, dat borg staat voor een hoog beschermingsniveau van de mens en van het milieu;

2° voeren een doeltreffend veiligheidsbeheersysteem in, dat borg staat voor de uitvoering van dit beleid.

...

§ 2. *De volgende punten komen aan bod in het veiligheidsbeheersysteem:*

...
2° de identificatie en evaluatie van gevaren van zware ongevallen: het beheer van de procedures voor systematische identificatie van de gevaren van zware

ongevallen die zich bij normale en abnormale werking kunnen voordoen, evenals voor de evaluatie van de daaraan verbonden risico's;

...

4° *ontwerpbeheersing: het beheer van de procedures voor het ontwerpen van nieuwe installaties, processen of opslagplaatsen en voor het plannen en uitvoeren van wijzigingen aan bestaande installaties, processen of opslagplaatsen;*

...

De term "gevaren van zware ongevallen" wordt niet gedefinieerd in het samenwerkingsakkoord. Het is echter vanzelfsprekend dat de identificatie en evaluatie van de gevaren van zware ongevallen moet leiden tot het specificeren van alle nodige maatregelen waarvan sprake in artikel 7. De gevaren van zware ongevallen zijn dus alle toestanden en gebeurtenissen die de oorzaak of het gevolg kunnen zijn van gebeurtenissen zoals:

- zware emissies
- branden
- explosies.

De verplichting om de werkwijze voor het identificeren en het evalueren van de gevaren van zware ongevallen te beschrijven is dus, naast de aantoonplicht, een tweede indicatie dat de activiteit op een gestructureerde wijze moet gebeuren. In artikel 10 is uitdrukkelijk sprake van een systematische identificatie van de gevaren van zware ongevallen.

De activiteiten die in het samenwerkingsakkoord worden aangeduid als het identificeren en het evalueren van de gevaren van zware ongevallen en het nemen van alle nodige maatregelen (op basis van deze identificatie en evaluatie) komen overeen met het uitvoeren van procesveiligheidsstudies, zoals in deze informatienota beschreven.

Het ontwerpen en wijzigen van procesinstallaties is de activiteit die uiteindelijk moet leiden tot de realisatie van installaties waarin alle nodige maatregelen zijn genomen om zware ongevallen te voorkomen en om de gevolgen ervan te beperken. Het uitvoeren van procesveiligheidsstudies moet deel uitmaken van die activiteit.



2

De onderdelen van een procesveiligheidsstudie

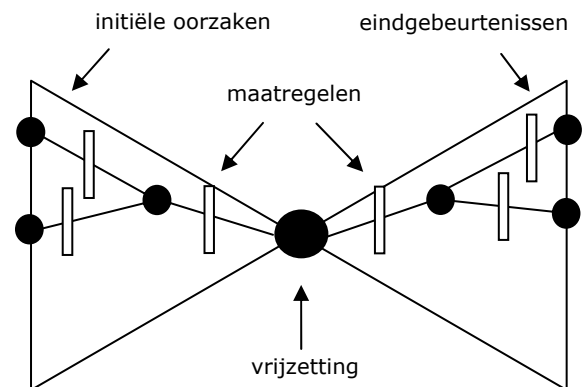
2.1 Risico's van ongewenste vrijzettingen

2.1.1 Het vlinderdasmodel

De risico's die we in een procesveiligheidsstudie identificeren, houden verband met het ongewenst vrijkomen van stoffen en energie uit onderdelen van de procesinstallatie. We zullen deze risico's verder ook kortweg aanduiden als "procesrisico's".

De gebeurtenissen die leiden tot een ongewenste vrijzetting en de gebeurtenissen die er een gevolg van zijn, kunnen voorgesteld worden via het vlinderdasmodel.

In het centrum bevindt zich een ongewenste vrijzetting uit een bepaald installatieonderdeel. Voor elk installatieonderdeel kunnen verschillende vrijzettingen worden gedefinieerd en in principe dus verschillende vlinderdassen opgesteld worden. Men kan een onderscheid maken al naargelang de plaats of het onderdeel waar de vrijzetting plaatsvindt en de wijze waarop de stoffen (of de energie) vrijkomen: plotseling (al dan niet explosief) of eerder geleidelijk. Dergelijke factoren hebben een invloed op de verdere gebeurtenissen. Een vlinderdas is specifiek voor een bepaalde vrijzetting uit een bepaald onderdeel.



Links van het knooppunt bevindt zich de boomstructuur met alle mogelijke oorzaken die leiden tot de vrijzetting. In deze boomstructuur zijn paden opgenomen die vertrekken van een initiële oorzaak en eindigen in de vrijzetting. Rechts van het knooppunt is er een gebeurtenissenboom die start bij de ongewenste vrijzetting en eindigt bij de eindgebeurtenissen. De eindgebeurtenissen zijn de mogelijke schadegevallen. Deze kunnen zowel betrekking hebben op mensen (in het bedrijf of in de omgeving), het milieu als op de infrastructuur (de installatie zelf, gebouwen, nutsvoorzieningen, ...). Tussen de vrijzetting en het optreden van schade liggen nog diverse gebeurtenissen zoals de

vorming van vloeistofplassen of gaswolken, de ontsteking van explosieve atmosferen, branden en explosies.

Maatregelen onderbreken de keten van gebeurtenissen. Ze reageren op een bepaalde gebeurtenis en verhinderen een gebeurtenis die er het gevolg van zou zijn zonder de tussenkomst van die maatregel. Maatregelen links van het knooppunt voorkomen vrijzettingen, maatregelen rechts ervan beperken de gevolgen ervan.

Het is belangrijk om te onderstrepen dat in het vlinderdasmodel niet alle oorzaken van de eindgebeurtenissen worden voorgesteld, maar enkel die oorzaken die verband houden met de vrijzetting beschreven in het knooppunt. Het spreekt vanzelf dat gebeurtenissen rechts van het knooppunt, zoals een brand of een explosie in een bepaalde zone, het optreden van schade aan het milieu of aan mensen, ook het gevolg kunnen zijn van andere vrijzettingen dan deze voorgesteld in het centrum (eventueel van andere types van vrijzettingen uit hetzelfde onderdeel, maar ook van vrijzettingen uit andere onderdelen). Als men een evaluatie maakt van de noodzaak om schadebeperkende maatregelen te nemen op basis van één enkele vlinderdas, dan loopt men dus het gevaar om een sterke onderschatting van het risico op schade te maken.

Het vlinderdasmodel beeldt het "globaal" risico van een vrijzetting uit. Het illustreert goed de complexiteit van de scenario's van een ongewenste vrijzetting. Voor elke vrijzetting zijn er een groot aantal oorzaken en elke vrijzetting kan leiden tot een groot aantal mogelijke schadegevallen. Net zoals de vlinderdas is opgebouwd uit tal van gebeurtenissen (zowel oorzaken als gevolgen), is het globale risico van een ongewenste vrijzetting opgebouwd uit allerlei deelrisico's. Elke gebeurtenis in de vlinderdas is een risico op zich, bijvoorbeeld het risico van de uitval van koeling op een reactor en de overdruk die er het gevolg van is, het risico van corrosie, het risico van een brand, het risico van een explosie, het risico op milieuschade, het risico op slachtoffers. Zoals hierboven gezegd, legt de vlinderdas de link tussen deze deelrisico's, maar geeft niet het volledige risico van de gebeurtenissen die zich rechts van het knooppunt bevinden. De vlinderdas illustreert verder ook goed dat de verschillende beheersmaatregelen zijn gericht op specifieke deelrisico's, die overeenkomen met dat deel van de keten van gebeurtenissen waar elke maatregel tussenkomt.

We zullen hierna dieper ingaan op de mogelijke oorzaken en gevolgen van de vrijzettingen. In een volgende sectie bespreken we de maatregelen die genomen kunnen worden om de risico's van ongewenste vrijzettingen te beheersen.

2.1.2 De oorzaken van ongewenste vrijzettingen

De mogelijke oorzaken van een ongewenste vrijzetting zijn erg divers. We maken hier een onderscheid tussen vier groepen van oorzaken.

A. Processtoringen

Tijdens de normale werking van de installatie moeten de installatieonderdelen bestand zijn tegen alle interne en externe belastingen die er op inwerken, zoals de minimale en maximale operationele drukken en temperaturen, het gewicht van de normaal aanwezige stoffen, de hydrodynamische krachten, thermische spanningen, wind- en ijsbelastingen.

Als gevolg van een processtoring (dit is elke afwijking van de normale, gewenste procesvoering) kan de belasting op de onderdelen groter worden dan het maximum bij normale werking. In tegenstelling tot de normale werking, is het niet vanzelfsprekend dat de installatieonderdelen bestand zijn tegen de belasting bij abnormale werking. Processtoringen kunnen dus leiden tot schade aan de installatieonderdelen en tot ongewenste vrijzettingen.

Processtoringen kunnen ook leiden tot een vrijzetting via openingen naar de omgeving. Voorbeelden hiervan zijn de uitstroming van vloeistof langs de ademventielen bij het overvullen van een atmosferische opslagtank en een uitbraak van gevaarlijke gassen via de uitlaat van een slecht werkende scrubber.

Tenslotte kan een vrijzetting ook plaatsvinden bij het openen van een installatie, zoals bij het afkoppelen van flexibels na een verlading of bij het openen van een deksel om manueel producten toe te voegen aan een houder. Tijdens normale bedrijfsvoering mogen bij dergelijke handelingen uiteraard geen gevaarlijke vrijzettingen gebeuren. Het openen van een installatie die niet voldoende drukloos en/of productvrij is, beschouwen we ook als een processtoring.

B. Degradatie van de omhullingen

Met de term "omhulling" verwijzen we naar de wanden van de procesapparaten en leidingen die de stoffen scheiden van de omgeving.

Zoals hierboven werd toegelicht, moet een omhulling weerstand kunnen bieden tegen de invloeden die op haar inwerken tijdens de normale werking van de installatie. De sterkte en de weerstand van de omhulling worden in de eerste plaats verzekerd door een vakkundig ontwerp en een constructie volgens de regels van de kunst. De initiële weerstand van de omhulling kan echter kleiner worden in de loop van de tijd onder invloed van allerlei degraderende fenomenen. Hierdoor kan er toch een vrijzetting optreden, ook al bevindt het proces zich binnen zijn normaal operationeel venster.

Veel voorkomende degradatiefenomenen zijn:

- corrosie
- aantasting door waterstof
- erosie
- vermoeiing
- verzakkingen².

² Een verzakking is in feite een degradatie van de fundering.

C. Externe impact

Een derde groep van oorzaken houdt verband met de externe impact op installatieonderdelen en de draagstructuren waaraan ze zijn bevestigd. De belangrijkste externe bedreigingen voor installatieonderdelen zijn branden en explosies. Deze gebeurtenissen zijn op zich het resultaat van ongewenste vrijzettingen en daarom des te moeilijker te voorspellen en in te schatten.

Als men een brand of explosie als oorzaak identificeert voor een vrijzetting uit een onderdeel, zou men in principe deze oorzaken verder kunnen uitwerken. De brand of explosie is immers het gevolg van de vrijzetting uit andere onderdelen waarvoor op zich een groot aantal oorzaken kunnen geïdentificeerd worden. Het onderzoek naar de beschadiging door brand of explosie op een dergelijke manier uitwerken, is een bijzonder complexe oefening, die eigenlijk weinig toegevoegde waarde heeft. Zoals we hieronder verder zullen toelichten, zal men in de praktijk eerder vertrekken van de mogelijkheid van schade door brand (of explosie) op basis van de aanwezige gevaren. Als men een kwantitatieve effectenanalyse wil uitvoeren, zal men meestal vertrekken van één of meerdere representatieve vrijzettingen of branden.

D. Gevaarlijke werken

Tenslotte kunnen vrijzettingen het gevolg zijn van werkzaamheden in de installaties. Mogelijk oorzaken zijn bijvoorbeeld:

- het openen van installatieonderdelen waarin nog gevaarlijke stoffen aanwezig zijn
- de impact van graafmachines op ondergrondse leidingen
- verzakkingen van onderdelen als gevolg van graafwerken
- de impact van voertuigen of van hun lading op de installatie
- de impact van ongecontroleerde of losgekomen lasten bij hefwerkzaamheden.

Alhoewel men bij het ontwerp van procesinstallaties rekening kan houden met de onderhoudsvriendelijkheid, kan men dit soort van oorzaken van vrijzettingen nooit volledig voorkomen door het ontwerp van de installaties. Hiervoor moet men maatregelen nemen bij de uitvoering van de werken zelf. Deze maatregelen moeten specifiek bepaald worden voor elk werk afzonderlijk. Daartoe heeft de onderneming een beheersysteem nodig voor het identificeren van werken die een bedreiging kunnen vormen voor de installatie, voor het onderzoeken van de risico's en voor het specificeren en implementeren van de maatregelen. Dergelijke beheersystemen vallen buiten de scope van deze publicatie.

Het is wel belangrijk om te onderstrepen dat maatregelen in de installatie die de gevolgen van een vrijzetting beperken, ook hun nut bewijzen voor vrijzettingen tijdens werkzaamheden in de installatie. De praktijk heeft overigens uitgewezen dat de oorzaken van heel wat procesongevallen verband houden met de uitvoering van gevaarlijke werken.

2.1.3 Soorten vrijzettingen

Vrijzettingen kunnen instantaan of continu zijn. Bij een instantane vrijzetting komt de inhoud van het betrokken installatieonderdeel plotseling (of binnen een korte tijdsspanne) vrij. Bij continue vrijzettingen zal de lekopening eerder beperkt zijn en zal de inhoud vrijkomen gedurende een relatief lange tijd (tenzij men maatregelen neemt om het lek te beperken).

Een ongewenste vrijzetting kan ook explosief verlopen. Denk bijvoorbeeld aan een onderdeel dat faalt omwille van een interne explosie of omwille van de ontbinding van een onstabiele stof. Onderdelen die onder zeer hoge druk werken, kunnen bij catastrofaal falen aanleiding geven tot een explosie. Explosieve vaste stoffen zijn vanzelfsprekend ook een bron van explosiegevaar. De energie die wordt vrijgezet bij het explosief falen van een onderdeel of bij een vaste stofexplosie, verspreidt zich als een drukgolf en door de vorming van projectielen.

2.1.4 De gevolgen van ongewenste vrijzettingen

A. Verspreiding van stoffen

Eens vrijgezet, zullen de stoffen zich verspreiden in de omgeving. Die verspreiding kan gebeuren via verschillende wegen: via de lucht, over de grond, via het water, in de bodem. De manier waarop stoffen zich verspreiden, is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals:

- de inherente eigenschappen van de vrijgezette stoffen
- de vrijgezette hoeveelheden in functie van de tijd
- de weersomstandigheden (temperatuur, wind, ...)
- de omgeving waarin de stoffen worden vrijgezet (ventilatiecondities, de ondergrond, ...).

De verspreiding van een stof in de omgeving kan zowel een gunstig als een ongunstig effect hebben op het risico en dit in functie van de aard van de stof en van de omstandigheden. De verspreiding van een toxische gaswolk kan leiden tot verdunning (en dus tot een minder gevaarlijke situatie), maar de verspreiding kan ook gebeuren in de richting van een gebouw of een bewoond gebied, waardoor het risico toeneemt. De verspreiding van een brandgevaarlijk product weg van een kwetsbaar installatieonderdeel of een ontstekingsbron heeft een gunstig effect op het risico. De verspreiding van brandgevaarlijke vloeistoffen kan echter ook ongunstige effecten hebben, zoals de grotere verdamping die gepaard gaat met een groter vloeistofoppervlak en de verspreiding van de brand. Als ecotoxische stoffen zich verspreiden in een kwetsbaar milieucompartiment treedt er onmiddellijke schade op. Het tegengaan van de verspreiding is dan ook zeer belangrijk om milieuschade te voorkomen.

B. Ontsteking van een explosieve wolk

Een wolk van gassen, dampen of stofdeeltjes waarvan de concentratie binnen het explosief gebied ligt, kan ontstoken worden door een ontstekingsbron die de nodige minimale ontstekingsenergie levert.

Ontstekingsbronnen kunnen erg divers van aard zijn: vonken in elektrische apparatuur, elektrostatische ontladingen, hete oppervlakken, open vlammen, enz. Ontstekingsbronnen kunnen hun oorsprong niet alleen vinden in de apparaten van de installatie zelf, maar kunnen ook geïntroduceerd worden bij de uitvoering van werken, door voertuigen of tijdelijke uitrusting of door mensen (bijvoorbeeld via elektrostatische ontladingen van kledij).

In bepaalde gevallen veroorzaakt de vrijzetting van de stof zelf een elektrostatische oplading, die bij ontlading de vonk kan leveren voor de ontsteking van de explosieve wolk die bij de vrijzetting gevormd wordt. Een stof die zich boven zijn zelfontstekingstemperatuur bevindt, heeft uiteraard geen ontstekingsbron nodig om te ontvlammen.

Hoe groter de afmetingen van een explosieve wolk, hoe groter de kans dat deze een ontstekingsbron zal vinden. Alhoewel men de nodige inspanningen moet leveren om ontstekingsbronnen zoveel mogelijk te vermijden, mag men voor de preventie van branden en explosies als gevolg van ongewenste vrijzettingen er nooit op rekenen dat men alle ontstekingsbronnen heeft uitgeschakeld. De kans dat grote wolken ontstoken worden, is steeds reëel.

C. Gaswolkexplosie

Bij ontsteking van een explosieve wolk kan er een wolkbrand (zonder noemenswaardige overdrukken) of een gaswolkexplosie optreden. Welk van de twee fenomenen zich zal voordoen, is afhankelijk van de mate van insluiting en de aanwezigheid van turbulentie in de gaswolk. Naast de vorming van turbulentie is ook de aanwezigheid van een voldoende massa ontvlambare stof binnen haar explosiegrenzen belangrijk. Om tot een gaswolkexplosie te komen, moet de ontsteking dus uitgesteld worden totdat een wolk met voldoende grote afmetingen gevormd is.

D. Brand

Verschillende types van brand zijn mogelijk:

- plasbranden
- fakkelbranden
- wolkbranden
- vuurballen (als gevolg van een BLEVE)
- vastestofbranden.

Een brand kan direct aanleiding geven tot slachtoffers, maar kan ook schade veroorzaken aan de installatie, waardoor er een escalatie van de noodsituatie optreedt. Installatieonderdelen kunnen het begeven als gevolg van de verzwakking van de metalen omhulling bij hoge temperatuur

en/of de stijging van de druk ten gevolge van de opwarming. Stalen draagstructuren waaraan de installatieonderdelen zijn vastgemaakt, zijn zeer kwetsbaar voor hitte. Wanneer ze onbeschermd zijn, kunnen ze het bij blootstelling aan brand relatief snel begeven. Kabelgoten vormen een ander type van schadedrager bij brand. Kabels worden in installaties gebruikt voor de verdeling van elektrische energie en voor de controle- en beveiligingssystemen. Vaak wordt deze bekabeling, die vertrekt vanuit een centrale plaats, geleid via kabelgoten naar verdere verdeelpunten in de installatie. Als deze bekabeling het begeeft, verliest men de elektrische energie en de controle over bepaalde delen van de installatie, wat op zich aanleiding kan geven tot vrijzettingen.

Schade aan het milieu is eveneens mogelijk, vooral door de vorming van rookgassen en verontreinigd bluswater.

E. Schade aan de mens

De schade aan de mens kan veroorzaakt worden door verschillende gebeurtenissen die zich bij een procesongeval kunnen voordoen:

- contact met vrijgezette stoffen
- blootstelling aan een brand
- impact van drukgolven en projectielen.

Of er al dan niet menselijke slachtoffers zijn, en wat de precieze omvang van de schade is, hangt niet alleen af van de gevaarlijke gebeurtenissen na de vrijzetting, maar ook van de volgende factoren op het niveau van de schadedragers zelf:

- het aantal mensen aanwezig op de plaats van het gevaar
- de duur van de blootstelling (dit is gekoppeld aan de snelheid van evacuatie of redding)
- de mate van persoonlijke bescherming
- de respons van het lichaam (die verschilt van mens tot mens).

F. Schade aan het milieu

Schade aan het milieu wordt veroorzaakt wanneer een ecotoxische stof in contact komt met een kwetsbaar milieucompartiment. In tegenstelling tot menselijke schadedragers is het milieu constant aanwezig. Beschermende maatregelen voor mensen, zoals een tijdige evacuatie en persoonlijke beschermingsmiddelen, hebben geen equivalent voor het milieu. Het voorkomen van milieuschade zal vooral afhangen van het voorkomen van vrijzettingen van ecotoxische stoffen en van het vermijden dat ze zich, indien toch vrijgezet, verspreiden in het milieu. Ook de opvang van bluswater is belangrijk om milieuverontreiniging te voorkomen.

G. Schade aan de infrastructuur

Branden en explosies kunnen schade veroorzaken aan installatieonderdelen, hun ondersteuning en de draagstructuren waaraan ze zijn vastgemaakt. Branden en explosies kunnen dus rechtstreeks aanleiding geven tot andere ongewenste vrijzettingen.

Branden en explosies kunnen ook schade veroorzaken aan systemen die nodig zijn om de installatie te beveiligen en om noodsituaties te bestrijden, bijvoorbeeld:

- kabels gebruikt voor controle- en beveiligingsystemen
- elektriciteitskabels
- transformatoren
- elektriciteitsgeneratoren
- persluchteenheden
- koeltorens
- koelwaterleidingen
- brandbestrijdingsuitrusting (waterleidingen, bluswaterpompen).

Schade aan deze systemen kan dus ook indirect leiden tot een vrijzetting of kan de bestrijding van de noodsituatie bemoeilijken

2.2 Maatregelen voor het beheersen van procesrisico's

Uit de bespreking hiervoor kan men opmaken dat de oorzaken en de gevolgen van ongewenste vrijzettingen zeer divers kunnen zijn. Die diversiteit weerspiegelt zich in de maatregelen die men kan nemen om vrijzettingen te voorkomen en om de gevolgen ervan te beperken.

In het algemeen vervullen de maatregelen die men kan voorzien bij het ontwerp van procesinstallaties en van de omkaderende infrastructuur één (of meerdere) van de volgende functies:

1. beheersing van processtoringen
2. beheersing van de degradatie van de omhullingen
3. beperking van accidentele vrijzettingen
4. beheersing van de verspreiding van stoffen en/of energie
5. vermijden van ontstekingsbronnen
6. bescherming tegen brand
7. bescherming tegen explosies
8. bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen.

Deze functies komen overeen met de verschillende manieren waarop kan ingegrepen worden in de opeenvolging van gebeurtenissen in een vrijzettingsscenario.

We zullen deze acht, zeer algemeen geformuleerde functies, "de veiligheidsfuncties" van een procesinstallatie noemen. We zullen ze hieronder kort bespreken. Een uitgebreide behandeling volgt in de volgende hoofdstukken.

Merk op dat het voorkomen van vrijzettingen als gevolg van externe impact een onderdeel is van de veiligheidsfuncties "bescherming tegen brand" en "bescherming tegen explosies".

We willen hier nogmaals in herinnering brengen dat deze nota zich beperkt tot de veiligheidsstudies van procesinstallaties. We behandelen enkel de risico's en maatregelen die men kan voorzien bij het ontwerp van de installaties en van de infrastructuur van het bedrijf (zoals nutsvoorzieningen en gebou-

wen). Tijdelijke maatregelen die genomen worden in het kader van gevaarlijke werken worden hier niet behandeld. Dat betekent echter niet dat sommige van bovenstaande veiligheidsfuncties geen rol zouden kunnen spelen bij het beperken van de gevolgen van accidentele vrijzettingen tijdens de uitvoering van gevaarlijke werken.

2.2.1 Beheersing van processtoringen

Processtoringen worden typisch beheerst door maatregelen zoals:

- de ontwerpspecificaties van de omhullingen
- controlemaatregelen
- alarmen en interventies door het operationeel personeel
- instrumentele beveiligingen
- mechanische overdrukbeveiligingen.

Om een beschadiging van een omhulling als gevolg van een bepaalde afwijking in de procesvoering te vermijden, kan men ervoor kiezen de omhulling bestand te maken tegen de schadelijke invloeden die de afwijking met zich meebrengen.

Indien de omhulling niet bestand is, zal men maatregelen moeten nemen om te voorkomen dat de ontwerpcondities overschreden worden. Dit zijn in de eerste plaats controlemaatregelen die het proces binnen de grenzen van de normale procesvoering sturen. Indien de controlemaatregelen falen, dan worden de beveiligingsmaatregelen aangesproken.

Afwijkende condities kunnen worden gedetecteerd en gealarmeerd aan het operationeel personeel dat dan een corrigerende actie kan nemen. Als men de corrigerende actie automatisch laat uitvoeren, dan spreekt men van instrumentele beveiligingen.

Mechanische overdrukbeveiligingen, zoals veiligheidskleppen, breekplaten en explosieluiken, ontlasten de overdruk naar een gesloten systeem of naar de omgeving. In dat laatste geval wordt een vrijzetting in feite niet vermeden, maar zorgt men voor een gecontroleerde vrijzetting. De risico's van deze vrijzettingen moeten uiteraard ook geëvalueerd worden.

2.2.2 Beheersing van de degradatie van de omhullingen

Degradatie kan in de eerste plaats vermeden of beperkt worden door de keuze van de materialen voor de omhulling. De weerstand tegen corrosieve condities kan ook gerealiseerd worden door een beschermingslaag (een verflaag of een coating).

In de mate dat degradatie niet kan vermeden worden door een keuze van de materialen en de constructie van het onderdeel, zal de toestand van het onderdeel moeten gevolgd worden doorheen de tijd en zal er tijdig moeten ingegrepen worden voordat een vrijzetting optreedt.

Elke vorm van aantasting vergt een aangepaste inspectie, gekenmerkt door een inspectiemethode, een te inspecteren plaats of zone en een inspectie-interval. Het is uiteraard mogelijk dat in de praktijk gedurende één inspectiebeurt verschillende vormen van aantasting worden opgevolgd.

Na een inspectie moet er geoordeeld worden of het onderdeel nog geschikt is voor verder gebruik tot het tijdstip van de volgende geplande inspectie. Indien dit niet geval is, zal men een corrigerende actie moeten uitvoeren. Mogelijke acties zijn:

- het definitief uit dienst nemen van het onderdeel en het vervangen door een nieuw exemplaar
- het herstellen van de schade
- het overgaan tot een continue monitoring van het onderdeel
- het aanpassen van de werkingscondities (bv. lagere druk)
- het inkorten van het inspectie-interval.

2.2.3 Beperking van accidentele vrijzettingen

Het beperken van de vrijgezette hoeveelheden is een veiligheidsfunctie die zich aandient nadat een continu lek is opgetreden. Deze veiligheidsfunctie is dus specifiek gericht op continue lekken die voldoende lang blijven duren om te kunnen ingrijpen. Wanneer de inhoud van een installatieonderdeel plots of op zeer korte tijd vrijkomt, heeft men immers de tijd en vaak de mogelijkheid niet om in te grijpen.

Men kan twee soorten van lekken onderscheiden:

- lekken in leidingen en installatieonderdelen die in verbinding staan met het onderdeel, en waarlangs de inhoud van het onderdeel kan vrijkomen
- lekken in het onderdeel zelf.

Lekken in aangesloten leidingen kan men beperken door het onderdeel in te blokken met behulp van noodafsluiters. Lekken in het onderdeel zelf kunnen beperkt worden door het verminderen van de druk of door het overbrengen van de inhoud naar een ander onderdeel.

2.2.4 Beheersing van de verspreiding van stoffen en/of energie

Typische maatregelen om de verspreiding van stoffen te beheersen, zijn:

- secundaire omhullingen (dubbelwandige houders en leidingen)
- inkuipingen
- opvang- en afvoersystemen
- geforceerde ventilatie
- gesloten gebouwen
- schuimlagen boven een vloeistofplas
- watergordijnen.

Een secundaire omhulling is een tweede omhulling die aangebracht wordt rond de omhulling waarin de gevaarlijke stoffen zich bevinden.

Inkuipingen en opvang- en afvoersystemen hebben een tegengestelde doelstelling. De bedoeling van een inkuiping is om de vrijgezette vloeistof en eventueel bluswater plaatselijk op te vangen en de verspreiding te beperken tot de onmiddellijke omgeving van het beschermde installatieonderdeel in afwachting van verwijdering. De functie van een opvang- en afvoersysteem is het opvangen van lekvloeistof en het onmiddellijk afvoeren naar een opvang- of verwerkingssysteem.

Een gebouw kan de verspreiding van vloeistoffen of gassen en dampen naar de omgeving tegenhouden of vertragen. Om deze veiligheidsfunctie te vervullen, moet het gebouw daar wel speciaal voor uitgevoerd worden.

Het afdekken van een vloeistofplas stopt of vermindert de verdamping ervan. In de praktijk gebruikt men hiervoor meestal schuim of water.

Watergordijnen kunnen de volgende effecten hebben op gas- en dampwolken:

- verdunning van de wolk als gevolg van de grote hoeveelheden lucht die worden mee-geleurd door de druppels
- absorptie van de gassen of dampen door het water (alleen in het geval het om wateroplosbare gassen of dampen gaat)
- toevoeging van warmte in een koude wolk waardoor de neerwaartse dispersie van de wolk kan worden verminderd
- de vorming van een fysische barrière die de verplaatsing van de gaswolk tegenhoudt.

Kunstmatige ventilatie maakt gebruik van mechanische hulpmiddelen om een luchtstroming te realiseren en wordt meestal toegepast binnenin een afgesloten ruimte. Men kan verder nog een onderscheid maken tussen algemene ventilatie en lokale ventilatie (afzuiging).

Men kan ook maatregelen nemen om de verspreiding van energie in geval van een explosieve vrijzetting tegen te gaan. Het plaatsen van muren rond een bron van explosiegevaar is erop gericht om projectielen tegen te houden en om de drukgolf af te leiden in een veilige richting. Een typisch voorbeeld is het ommuren van onderdelen die op een zeer hoge druk werken of van reactoren met zeer onstabiele producten. Explosiebestendige muren worden tevens toegepast bij de opslag van ontplofbare vaste stoffen.

2.2.5 Vermijden van ontstekingsbronnen

De meeste maatregelen die men in het ontwerp van een installatie voorziet om ontstekingsbronnen te vermijden, worden genomen in functie van de indeling in zones. Een zone bakent een gebied af in de ruimte waarin een explosieve atmosfeer zich kan voordoen tijdens "het normaal bedrijf" van de installatie. Er worden verschillende zones onderscheiden in functie van de waarschijnlijkheid

waarmee de explosieve atmosfeer kan optreden. Apparaten die opgesteld staan binnen deze zones moeten aan bepaalde voorwaarden voldoen teneinde het optreden van ontstekingsbronnen te voorkomen.

Tijdens het "normaal bedrijf" wordt de installatie gebruikt binnen de operationele grenzen waarvoor ze ontworpen werd. De vrijzettingen waarmee men rekening houdt, zijn eerder beperkte vrijzettingen, voornamelijk als gevolg van de normale, te verwachten slijtage of als gevolg van emissies eigen aan de normale werking van de installatie. De ongewenste vrijzettingen die we in het kader van deze publicatie bespreken, vinden doorgaans niet plaats tijdens normaal bedrijf. Ze zijn te wijten aan oorzaken zoals het feit dat de ontwerpparameters worden overschreden, of aan het feit dat de installatie, als gevolg van degradatie, niet langer voldoet aan de vooropgestelde ontwerpcriteria, of als gevolg van een externe impact. Dit soort vrijzettingen, waar meestal relatief grote hoeveelheden product mee gemoeid zijn, wordt niet beschouwd bij de indeling in zones. Logischerwijze mag men dan ook niet rekenen op de maatregelen binnen deze zones om een ontsteking bij grote vrijzettingen te voorkomen.

De indeling in zones en de maatregelen om ontstekingsbronnen binnen deze zones te vermijden, is desalniettemin een belangrijke praktijk binnen de procesveiligheid. Hierdoor wordt de kans op het optreden van kleine explosies en branden teruggedrongen en daarmee eveneens de mogelijkheid dat ze escaleren tot een grotere calamiteit.

2.2.6 Bescherming tegen brand

Installatieonderdelen, draagstructuren, nutsvoorzieningen en kabelgoten kunnen beschermd worden tegen brand door passieve (beschermingen) of actieve brandbescherming (waterkoeling). Gebouwen kunnen voorzien worden van brandcompartimenten. Mensen kan men beschermen met brandwerende kledij.

Een brandwerende beschermingslaag geeft slechts gedurende een beperkte tijd bescherming. De brandschade wordt dus slechts voorkomen op voorwaarde dat de brand tijdig gedoofd wordt.

2.2.7 Bescherming tegen explosies

Schade door rechtstreekse blootstelling van mensen aan explosies kan vermeden worden door het preventief beperken van de aanwezigheid van mensen in zones met een hoog explosiegevaar of door het tijdig detecteren van een explosieve atmosfeer en het evacueren van mensen uit de bedreigde zone voordat een explosie optreedt.

Het is verder een gangbare praktijk om gebouwen te beschermen tegen de impact van explosies. Schade aan gebouwen kan aanleiding geven tot slachtoffers onder de aanwezigen of tot schade aan de apparatuur die er in is opgesteld.

Bij nieuwe gebouwen kan de weerstand tegen explosies meegenomen worden bij het ontwerp. Voor bestaande gebouwen kan men een aantal aanpassingen overwegen om de weerstand tegen explosies te verhogen.

Een andere manier om schade aan mensen in gebouwen te voorkomen, is het reduceren van de bezettingsgraad in het gebouw of in het deel van het gebouw dat het meest is blootgesteld aan explosierisico's.

Explosies kunnen ook schade aanbrengen buiten de terreingrenzen. De maatregelen die een bedrijf kan nemen om deze schade te beperken hebben echter vooral betrekking op het beperken van de verspreiding van de drukgolf, bijvoorbeeld door het voorzien van veiligheidsafstanden of het plaatsen van explosiebestendige muren die de drukgolf in een veilige richting afleiden.

2.2.8 Bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen

Mensen kunnen we beschermen tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen door maatregelen als:

- persoonlijke beschermingsmiddelen
- detectie, alarmering en hieraan gekoppeld een tijdige evacuatie (naar een veilige zone, eventueel een schuilplaats)
- detectie en hieraan gekoppeld de waarschuwing om een bepaalde zone niet te betreden
- beperking van de aanwezigheid van personen in bepaalde zones met een verhoogd risico op blootstelling
- het luchtdicht maken van gebouwen
- het bewaken van de luchtkwaliteit in ventilatiesystemen.

Naast de mensen zijn fauna en flora uiteraard ook schadedragers, maar schade aan het milieu zal vooral vermeden moeten worden door de verspreiding van vrijgezette stoffen tegen te gaan. De hiervoor vermelde maatregelen zijn echter moeilijk of niet toepasbaar voor fauna en flora.

2.3 De identificatie en evaluatie van procesrisico's

De identificatie van procesrisico's is een proces dat als doelstelling heeft om de noodzaak te identificeren tot het nemen van risicobeperkende maatregelen. We hebben hiervoor gezien dat er heel wat verschillende gebeurtenissen aan de oorsprong kunnen liggen van een ongewenste vrijzetting en dat heel wat diverse gebeurtenissen er het gevolg van kunnen zijn. Elke maatregel die kan genomen worden, heeft een specifieke functie: hij wordt door een bepaalde gebeurtenis aangesproken en verhindert of beïnvloedt de gebeurtenissen die er in zijn afwezigheid het gevolg van zouden zijn. We hebben gezien dat we

acht algemene veiligheidsfuncties kunnen onderscheiden. Dit zijn acht algemene strategieën om de risico's van ongewenste vrijzettingen te beheersen. Om te onderzoeken in welke mate er een behoefte is om deze veiligheidsfuncties in te vullen met behulp van concrete maatregelen, moeten we de gebeurtenissen identificeren waarop elke functie reageert. Met de acht veiligheidsfuncties kunnen we dus acht deelrisico's associëren. Om de veiligheidsfuncties in te vullen, moeten we elk van die acht deelrisico's in kaart brengen.

De evaluatie van risico's is het proces waarin we de risico's beoordelen en dat een concrete beslissing oplevert omtrent de te nemen maatregelen. Bij de risico-evaluatie zoeken we het antwoord op één van de volgende vragen:

- Welke maatregelen moeten we nemen om het risico voldoende te beheersen?
- Zijn de genomen of voorgestelde maatregelen voldoende of moeten we bijkomende of andere maatregelen voorzien?
- Is het risico, met de genomen of voorgestelde maatregelen, voldoende klein?

2.3.1 Risico's van processtoringen

Hiervoor hebben we processtoringen besproken als oorzaak van ongewenste vrijzettingen. Technieken die gebruikt worden voor het onderzoek van storingen zijn HAZOP, PLANOP, What-if, checklists.

De studies van processtoringen worden uitgevoerd op het niveau van individuele installatieonderdelen. Het opdelen van de installatie in onderdelen waarvoor de mogelijke storingen worden onderzocht, is een belangrijke stap in het onderzoek van processtoringen. Hoe meer men de installatie opdeelt, hoe gedetailleerder en grondiger het onderzoek in principe zal zijn.

Voor de evaluatie van risico's gebruikt men doorgaans technieken zoals LOPA, risicomatrix of risicograaf. LOPA is volgens de Seveso-inspectiediensten de meest geschikte evaluatietechniek voor risico's van storingen in procesinstallaties. Typisch voor al deze evaluatietechnieken is dat men de gevolgen evalueert van één enkele gebeurtenis (de storing in kwestie). Dit is fundamenteel verschillend van de evaluatie van cumulatieve risico's. Bij een cumulatief risico evalueert men immers het optreden van een bepaalde eindgebeurtenis, rekening houdend met alle mogelijke oorzaken.

Het kwantitatief berekenen van een enkelvoudig risico mag dan wel relatief eenvoudig zijn ten opzichte van de berekening van cumulatieve risico's, men blijft echter geconfronteerd met de onzekerheden die eigen zijn aan het verloop van een vrijzettingsscenario.

Als men de uiteindelijke schade wil evalueren ten gevolge van een bepaalde oorzaak, dan moet men de onzekerheden in rekening brengen die eigen zijn aan de gebeurtenissen aan de rechterzijde van vlinderdas: hoe zal een stof zich verspreiden, zal een explosieve wolk gevormd worden, zal deze een ontstekingsbron vinden, zullen er schadedragers in de buurt zijn, hoe lang zullen zij blootgesteld

worden en welke schade zullen zij uiteindelijk oplopen? Bovendien stelt zich de vraag in welke mate men rekening moet houden met schadebeperkende maatregelen, waarvan de effectiviteit niet voor alle mogelijke scenario's verzekerd is. Als men bij de waarschijnlijkheidsberekening zoveel mogelijk toevalsfactoren en schadebeperkende maatregelen in rekening brengt en voor elk van die factoren en maatregelen eerder optimistische waarden kiest, kan men relatief gemakkelijk, zonder al te veel maatregelen te nemen, zeer lage waarschijnlijkheden bekomen. Dit kan uiteraard niet de bedoeling zijn.

Naast de moeilijkheid om de kans op schade te berekenen, stelt zich de moeilijkheid om te beoordelen of het resultaat al dan niet aanvaardbaar is. Bepaalde overheden in binnen- en buitenland hanteren waarden voor aanvaardbare waarschijnlijkheden voor eindgebeurtenissen, zoals het overlijden van één of meerdere werknemers of één of meerdere mensen buiten de terreingrenzen van een bedrijf. Dergelijke waarden zijn echter cumulatieve waarschijnlijkheden. Dat betekent dat men voor een bepaalde eindgebeurtenis alle mogelijke oorzaken moet combineren. Men kan deze waarden niet toepassen voor een enkelvoudig pad uit de vlinderdas, waarin men slechts met één bepaalde oorzaak rekening houdt.

In hoofdstuk 4 zullen we de kwantitatieve evaluatie van enkelvoudige risico's aan de hand van LOPA meer in detail bespreken. Om de moeilijkheden te vermijden die verbonden zijn aan het inschatten van gebeurtenissen na de vrijzetting en aan het bepalen van het aanvaardbare risico op dodelijke slachtoffers of belangrijke milieuschade, zullen we de ongewenste vrijzetting kiezen als eindgebeurtenis in de te evalueren scenario's.

2.3.2 Risico's van degradatie van omhullingen

De identificatie van de risico's van degradatie is een proces dat moet uitgevoerd worden gedurende de volledige levensloop van een onderdeel: vanaf het ontwerp tot op het ogenblik dat het betrokken onderdeel definitief uit dienst wordt genomen.

De identificatie van de risico's van degradatie voor een bepaald onderdeel start met het in kaart brengen van de degraderende condities waaraan het onderdeel is blootgesteld. Op basis van deze informatie kan een keuze gemaakt worden van de constructiematerialen met het oog op het vermijden of beperken van degradatie.

Uitgaande van de kennis van de degraderende condities en van de constructiedetails van het onderdeel kan een voorspelling gemaakt worden van de te verwachten degraderende fenomenen en de aard van de aantasting. Inspectietechnieken moeten zodanig gekozen worden dat de verwachte vormen van aantasting kunnen gedetecteerd worden.

Vervolgens moet de analyse van de degraderende fenomenen worden getoetst aan de observaties gemaakt tijdens de inspecties en zo nodig worden

aangepast. Het uitvoeren van inspecties maakt dus integraal deel uit van de identificatie van de risico's van degradatie.

Risico's van degradatie zijn geen statische risico's die op een bepaald ogenblik vastgesteld kunnen worden en onveranderd blijven voor de rest van de levensduur van de installatie. De aantasting van de omhullingen en de bijhorende risico's nemen geleidelijk aan toe tijdens de levensduur van de installatie. Na elke inspectie moet er geëvalueerd worden of het onderdeel al dan niet geschikt is om in dienst te blijven tot de volgende inspectie. Eventueel moeten daartoe bepaalde acties ondernomen worden, zoals het uitvoeren van herstellingen of het aanpassen van de werkingscondities. De keuze van het inspectie-interval, de inspectiemethodes en de te inspecteren zones van de omhulling moeten na elke inspectie opnieuw geëvalueerd worden en desgevallend aangepast worden in functie van de inspectieresultaten.

2.3.3 Risico's van grote vrijzettingen

De risico's van accidentele vrijzettingen nemen toe met de hoeveelheden gevaarlijke stoffen die kunnen vrijgezet worden. De mogelijke schade die kan aangericht worden neemt toe in functie van de vrijgezette hoeveelheden. Ook de kans dat er schade optreedt, wordt groter bij grotere hoeveelheden. Zo zullen grotere explosieve wolken gemakkelijker een ontstekingsbron vinden. Grotere toxische wolken hebben meer kans om iemand te treffen dan kleinere wolken.

De mogelijkheid op grote vrijzettingen doet zich voor in onderdelen die grote hoeveelheden stoffen bevatten. Hoe groter de inhoud van een onderdeel hoe zinvoller het is om maatregelen te nemen om te vermijden dat de volledige inhoud zou vrijkomen door een lek in het onderdeel of in één van de aangesloten leidingen. De identificatie van de risico's van grote vrijzettingen start dus met de identificatie van de installatieonderdelen (of aangesloten gehelen van installatieonderdelen) waarin grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn.

In tegenstelling tot de ernst, kan men geen algemeen verband leggen tussen de kans op een accidentele vrijzetting uit een onderdeel en de inhoud ervan. De waarschijnlijkheid op een accidentele vrijzetting uit een onderdeel is sowieso zeer moeilijk in te schatten, gezien de grote diversiteit aan mogelijke oorzaken, de moeilijkheid om betrouwbare waarschijnlijkheden toe te kennen aan de diverse oorzaken en de complexiteit van de berekeningen van cumulatieve risico's. Tegenover theoretische kansberekeningen staat de ervaring dat lekken wel degelijk optreden en dat het nut van lekbeperkende maatregelen in talloze ongevallen en incidenten werd bewezen. Deze ervaringen hebben zich vertaald in aanbevelingen omtrent de plaatsing van afstandgestuurde noodafsluiters en andere lekbeperkende maatregelen. We zullen in hoofdstuk 6 voorbeelden geven van dergelijke aanbevelingen.

Een aantal bedrijven heeft interne criteria ontwikkeld voor het plaatsen van de afstandsgestuurde noodafsluiters. Alhoewel deze criteria sterk kunnen verschillen van bedrijf tot bedrijf, spelen in het algemeen de aard, de hoeveelheid en de procescondities waarbij de stoffen aanwezig zijn een doorslaggevende rol in de beslissing om al dan niet noodafsluiters te voorzien. Een dergelijke aanpak maakt dus abstractie van de precieze oorzaak van lekken in het onderdeel of de aansluitingen. Of het lek nu optreedt als gevolg van een storing, degradatie, een brand of explosie of bij de uitvoering van werken, is immers niet relevant voor de werking van de lekbeperkende maatregelen.

Een systematische aanpak voor de identificatie van risico's van grote lekken zou er dus kunnen bestaan dat men voor de geselecteerde installatieonderdelen met een groot lekpotentieel een representatief lek veronderstelt in elke aansluiting en in het onderdeel zelf, zonder in detail de oorzaken, de kenmerken en de kansen van die lekken te onderzoeken. Zoals het woord het zegt, zijn deze lekken representatief voor een heel gamma aan lekken die ten gevolge van zeer diverse oorzaken kunnen optreden.

Voor elk representatief lek kan men dan de mogelijkheden onderzoeken om lekbeperkende maatregelen te nemen. Bij de beslissing om deze maatregelen al dan niet te plaatsen, houdt men rekening met aanbevelingen die men in het publieke domein kan vinden en met bedrijfseigen criteria indien deze voorhanden zijn.

2.3.4 Risico's van verspreiding van vrijgezette stoffen en energie

De verschillende manieren waarop stoffen (en de energie in geval van explosieve vrijzettingen) zich kunnen verspreiden en de mogelijke gevaarlijke situaties die er het gevolg van kunnen zijn, moeten geïdentificeerd worden teneinde de noodzaak te kunnen bepalen om maatregelen te nemen om de verspreiding van de stoffen of energie te beheersen.

Maatregelen voor het beheersen van de verspreiding van stoffen of energie zijn doorgaans gericht op vrijzettingen in een bepaalde zone of voor een bepaalde groep van onderdelen.

Men kan zich bij de analyse daarom ook meestal beperken tot een aantal representatieve vrijzettingen voor een bepaalde groep van onderdelen. Voor deze representatieve vrijzettingen kan men nagaan op welke wijze de stoffen zich zouden kunnen verspreiden. Het is belangrijk dat alle verspreidingsroutes worden onderzocht: over de grond, in de bodem, via het water, via de lucht.

Om de risico's van verspreiding van stoffen in het milieu te identificeren en te evalueren is het belangrijk dat de mogelijke schadereceptoren in kaart worden gebracht in functie van de milieugevaren van de aanwezige stoffen. Tevens is het belangrijk te onderzoeken in welke mate de stoffen zich in de kwetsbare milieucompartimenten kunnen verspreiden.

Een specifiek risico dat een aparte studie vergt, betreft de verspreiding van verontreinigd bluswater. Men zal hierbij veronderstellingen moeten maken omtrent de hoeveelheden verontreinigd bluswater die in een bepaalde zone geproduceerd kan worden en nagaan waar dit bluswater kan terechtkomen. Verontreinigd bluswater mag zich niet kunnen verspreiden naar het milieu.

Voor wat betreft de verspreiding van energie moet men die onderdelen identificeren die aanleiding kunnen geven tot een explosief falen. Fysische modellen kunnen gebruikt worden om een inschatting te maken van de overdruk in functie van de afstand tot de bron van de explosie.

Maatregelen met betrekking tot de verspreiding van stoffen of energie worden in belangrijke mate voorgeschreven door de reglementering of door codes van goede praktijk. Het nut van deze maatregelen is bewezen in tal van incidenten en er is meestal geen nood aan ingewikkelde berekeningen van cumulatieve risico's (rekening houdend met alle mogelijke lekken) om een beslissing te nemen omtrent de vereiste maatregelen.

2.3.5 Risico's van ontsteking van explosieve atmosferen

Zoals hierboven uitgelegd, zal men bij het ontwerp van de installatie voornamelijk maatregelen nemen om de ontsteking te vermijden van explosieve atmosferen die tijdens normaal bedrijf optreden. Deze explosieve atmosferen worden "zones" genoemd. Er zijn verschillende types van zones al naargelang het om een explosief mengsel van gassen gaat of om een stofmengsel en al naargelang de kans dat de explosieve atmosfeer zich voordoet.

Zones rond installatieonderdelen zijn een gevolg van de aanwezigheid van mogelijke lekbronnen in installatieonderdelen die stoffen bevatten die bij vrijzetting aanleiding kunnen geven tot explosieve atmosferen. Een systematische aanpak voor de identificatie van de zones bestaat erin om eerst alle installatieonderdelen te identificeren waarin stoffen aanwezig zijn die bij vrijzetting aanleiding kunnen geven tot een explosieve atmosfeer. Vervolgens zullen voor deze onderdelen de lekbronnen tijdens normaal bedrijf geïdentificeerd worden. In functie van de activiteit van de lekbron en van de ventilatieomstandigheden kan de zone rond de lekbron bepaald worden. Naast zones rond installatieonderdelen moeten ook zones in opvangsystemen en zones als gevolg van stofophopingen geïdentificeerd worden.

Aan de apparatuur die binnen een zone staat opgesteld, zijn bepaalde eisen opgelegd (door de reglementering) om te vermijden dat deze apparatuur aanleiding zou geven tot een ontsteking. Evaluatie van de maatregelen om ontsteking te vermijden in de zones komt er dus op neer na te gaan of de aanwezige apparatuur voldoet aan de reglementaire bepalingen. Voor sommige apparaten kan men daarvoor terugvallen op certificaten, voor andere apparaten zal een onderzoek moeten

gebeuren naar de mogelijke ontstekingsbronnen die het apparaat kan voortbrengen.

2.3.6 Risico's van schade door brand

De bedoeling van deze studie is om na te gaan welke schadedragers getroffen kunnen worden door brand en wat daar de mogelijke gevolgen van zijn. Op basis van deze informatie kan een beslissing worden genomen over de te nemen maatregelen om deze schadedragers te beschermen.

Bij de identificatie van de hoger beschreven risico's was de opdeling van de installatie een eerste stap. Voor de risico's van schade door brand is het identificeren van de te beschermen schadedragers het uitgangspunt. De schadedragers die in aanmerking komen voor bescherming tegen brand, zijn voornamelijk: mensen, installatieonderdelen (met inbegrip van hun ondersteuning), draagstructuren (voor installatieonderdelen), kabelgoten, gebouwen en nutsvoorzieningen. De schadedragers die zich bevinden in de buurt van bronnen van brandgevaar, zoals installatieonderdelen met ontvlambare vloeistoffen en gassen, moeten weerhouden worden voor verder onderzoek.

Een onderzoek uitvoeren naar alle mogelijke lekken in de buurt van een schadedrager en de daaruit resulterende branden, is meestal geen praktisch haalbare optie. In bepaalde gevallen zal het zonder berekeningen duidelijk zijn dat schade ten gevolge van brand mogelijk is. Als men toch kwantitatieve studies uitvoert naar de mogelijke schade van brand, zal men vertrekken van één of meerdere representatieve branden (als gevolg van één of meerdere representatieve vrijzettingen). Het kwantificeren van de omvang van en de waarschijnlijkheid op schade door brand is een moeilijke oefening, waaraan heel wat veronderstellingen en ingewikkelde berekeningen te pas komen. Het resultaat zal in ieder geval gekenmerkt zijn door een grote marge van onzekerheid.

De praktijk echter heeft aangetoond dat branden zich effectief voordoen in omgevingen met brandgevaarlijke stoffen. Dit heeft aanleiding gegeven tot aantal wettelijke voorschriften en aanbevelingen in het publiek domein waarbij brandbeschermende maatregelen worden voorgeschreven in functie van het aanwezige brandgevaar en niet in functie van een numerieke waarschijnlijkheid op brandschade. Die kans is immers, zoals hiervoor vermeld, zeer moeilijk in te schatten. In de praktijk zal men de kwantitatieve evaluatie van brandrisico's reserveren voor die situaties waar men geen beslissing kan nemen op basis van het brandgevaar.

2.3.7 Risico's van schade door explosies

De bedoeling van deze studie is om na te gaan welke schadedragers getroffen kunnen worden door een explosie en wat daar de mogelijke gevol-

gen van zijn. Op basis van deze informatie kan een beslissing worden genomen over de te nemen beschermingsmaatregelen.

We beperken ons hier tot de schadedragers waarvoor de bescherming tegen explosies het meest aan de orde is: mensen en kritische apparatuur in gebouwen.

Een systematische aanpak start met de identificatie van alle gebouwen op het bedrijfsterrein. Gebouwen waarvan de vernietiging door een explosie geen noemenswaardige veiligheidsconsequenties heeft, dienen niet voor verder onderzoek weerhouden te worden. Voor alle andere gebouwen identificeert men de mogelijke bronnen van explosiegevaar. Voor gebouwen waarvoor geen bronnen van explosiegevaar geïdentificeerd kunnen worden, houdt het onderzoek hier op. Voor de overblijvende gebouwen zal men representatieve explosiescenario's moeten opstellen en de drukgolven berekenen waaraan het gebouw kan blootgesteld worden. Deze gegevens laten toe om de schade aan het gebouw te bepalen. Uitgaande van de schade aan het gebouw kan men tenslotte een schatting maken van de schade aan de aanwezige personen of aan apparatuur.

Voor elk gebouw zal de eindconclusie moeten zijn dat de mogelijke schade (eventueel na het nemen van beschermende maatregelen) voldoende klein en daarom aanvaardbaar is, ofwel dat de kans op significante schade voldoende klein is. Dat laatste vergt een kwantitatieve risico-evaluatie en het vastleggen van criteria aangaande het individueel en/of groepsrisico.

2.3.8 Risico's van blootstellingen aan vrijgezette stoffen

Een systematisch onderzoek naar de risico's van blootstellingen vertrekt bij het identificeren van de mogelijke schadedragers. We kunnen een onderscheid maken tussen verschillende types van schadedrager in functie van de risico's die ze lopen en, daaraan gekoppeld, de verschillende maten van bescherming die in de praktijk worden toegepast:

- mensen die operationele handelingen uitvoeren waarbij gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen
- mensen die werken in een gesloten gebouw of lokaal waar een gevaarlijke atmosfeer kan ontstaan
- mensen in zones in open lucht die bedreigd kunnen worden bij vrijzetting van gevaarlijke stoffen in nabijgelegen installaties
- mensen in gebouwen in de buurt van installaties waaruit gevaarlijke gaswolken (of dampwolken) kunnen vrijgezet worden.

De risico's van blootstelling bij het uitvoeren van een manuele taak worden doorgaans onderzocht met een techniek zoals taakanalyse. Persoonlijke beschermingsmiddelen moeten gekozen worden in functie van de mogelijke blootstelling. In vele gevallen kan men zich hierbij baseren op codes van goede praktijk.

In een gesloten gebouw of lokaal kan een beperkt lek reeds aanleiding geven tot een gevaarlijke atmosfeer. Vaak is de mogelijkheid dat een dergelijke atmosfeer zich vormt voldoende om beslissingen te nemen omtrent de maatregelen, zoals gasdetectie met alarmering in het gebouw en aan de ingangen, voldoende evacuatiewegen, het gebruik van vluchtmaskers (vooral indien een snelle evacuatie niet mogelijk is).

Voor de schadedragers die bedreigd worden door een gevaarlijke wolk (afkomstig van het eigen bedrijf of vanuit de omgeving), kunnen beslissingen genomen worden op basis van:

- goede praktijken (voor zeer toxische gassen is het goede praktijk om gasdetectie te plaatsen in de installatie)
- de concentraties waaraan mensen blootgesteld kunnen worden (en die berekend kunnen worden via dispersiemodellen)
- het individueel of het groepsrisico (zoals bepaald in een kwantitatieve risico-evaluatie).

2.4 Het onderzoek van de maatregelen

De identificatie van de verschillende ongewenste gebeurtenissen die kunnen optreden in de vrijzettingsscenario's en de evaluatie van de bijhorende risico's, leert ons welke maatregelen we moeten nemen om deze risico's voldoende te beheersen. De genomen maatregelen zullen echter de risico's slechts reduceren op voorwaarde dat ze effectief en voldoende betrouwbaar zijn en blijven. Bovendien moeten de risico's die door elke maatregel zelf geïntroduceerd worden, ook beheerst worden.

Een maatregel is effectief indien hij zijn toegewezen veiligheidsfunctie kan uitvoeren. Effectiviteit heeft in het algemeen te maken met de dimensies van een maatregel en met de snelheid waarmee de maatregel reageert. Beschouw het voorbeeld van een waterkoeling ter bescherming tegen brand. Het is niet alleen belangrijk dat het waterdebiet voldoende is en dat het te beschermen oppervlak voldoende bevloeid wordt, het is daarnaast ook belangrijk dat de koeling tijdig geactiveerd wordt.

Betrouwbaarheid heeft te maken met het feit dat een maatregel correct functioneert op het ogenblik dat dit nodig is (op het ogenblik dat de maatregel wordt aangesproken). Belangrijke factoren voor de betrouwbaarheid zijn:

- de kwaliteit van de gebruikte componenten en materialen
- de fouttolerantie (de mate waarin de maatregel kan blijven functioneren ondanks een fout)
- de mate van zelfdiagnose
- het faalgedrag (gaat het proces naar een veilige toestand of niet bij het falen van de maatregel)
- de weerstand en bescherming tegen schadelijke invloeden waaraan de maatregel is blootgesteld
- periodieke inspectie van de goede werking.

Maatregelen kunnen zelf ook nieuwe risico's introduceren. Bijvoorbeeld wanneer een instrumentele

beveiliging een klep sluit, dan heeft dit een invloed op de werking stroomopwaarts of stroomafwaarts van de klep. Het snel sluiten van kleppen kan bovendien een drukstoot in de leiding veroorzaken. Een ander voorbeeld is het bijkomende risico van corrosie dat door een brandwerende beschermingslaag kan geïntroduceerd worden.

Het feit dat maatregelen bijkomende risico's met zich meebrengen, mag geen reden zijn om deze maatregelen zonder meer te schrappen. Dit zou immers betekenen dat het risico waarvoor de maatregel oorspronkelijk voorzien was, niet of onvoldoende beheerd blijft. Oplossingen voor de risico's geïntroduceerd door maatregelen zijn: het nemen van bijkomende maatregelen voor de bijkomende risico's, de maatregel aanpassen of het nemen van alternatieve en gelijkwaardige maatregelen.

Bij het ontwerp van maatregelen is het dus belangrijk dat er nagedacht wordt over de volgende aandachtspunten:

- de effectiviteit
- de betrouwbaarheid
- bijkomende risico's geïntroduceerd door de maatregel zelf.

Het volstaat niet dat deze aandachtspunten impliciet of op een toevallige wijze worden meegenomen in het ontwerp. Ze moeten nadrukkelijk en op een systematische wijze aan bod komen. De beheersing van de procesrisico's staat of valt hiermee. Men mag dan nog zulke grondige en volledige risico-identificaties gedaan hebben en nog zulke hoogwaardige maatregelen hebben gespecificeerd, als de maatregelen niet effectief of betrouwbaar zijn, missen de voorafgaande inspanningen en goede intenties volledig hun doel.

In hoofdstuk 12 zullen we deze drie aandachtspunten bij wijze van voorbeeld toelichten voor een aantal veel voorkomende maatregelen.

2.5 De studie van procesgevaaren

De gevaren die aan de basis liggen van de risico's van ongewenste vrijzettingen zijn de stoffen en de reacties die in de installatie aanwezig zijn of kunnen zijn. De schade in een vrijzettingsscenario zal te wijten zijn aan de stoffen of de hoeveelheden energie die vrijkomen. Reacties kunnen aanleiding geven tot de opbouw van druk in een onderdeel en tot het explosief falen. Ook stoffen kunnen uiteraard een rol spelen in bepaalde fenomenen die kunnen leiden tot ongewenste vrijzettingen, bijvoorbeeld door hun corrosieve werking.

De studie van de stoffen en reacties in een installatie vormt de basis voor de identificatie van de risico's en het onderzoek naar de maatregelen. Een systematische studie van de procesgevaaren vereist in de eerste plaats dat men alle stoffen en alle reacties identificeert die in de installatie aanwezig zijn of kunnen zijn.

Bij de inventarisatie van stoffen mag men zich niet beperken tot de "hoofdrolspelers". Ook stoffen die

in kleine hoeveelheden aanwezig zijn of die niet actief deelnemen aan het proces, kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het gevaarenpotentieel, bijvoorbeeld omdat ze in bepaalde delen van de installatie kunnen accumuleren en aanleiding kunnen geven tot ongewenste reacties.

De gewenste reacties in een proces zijn gekend en de identificatie ervan mag geen probleem vormen. Men mag zich evenwel niet beperken tot de reacties in de reactoren. Ook in installatieonderdelen die niet als reactoren beschouwd worden, kunnen gewenste reacties optreden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan verbrandingsovens, installaties voor het zuiveren van grondstoffen, installaties voor het behandelen van afvalstromen, enzovoort.

Minder voor de hand liggend is de identificatie van ongewenste reacties die kunnen optreden als stoffen ongewenst met elkaar in contact komen of wanneer zich in de installatie afwijkende condities voordoen (van druk, temperatuur, concentratie, ...), die reacties mogelijk maken die bij de normale werking niet optreden. Een bedrijf moet kunnen aantonen dat er op systematische wijze gezocht werd naar het mogelijk optreden van ongewenste reacties in de installatie.

Een volgende stap in de studie van de procesgevaaren is het onderzoek van de eigenschappen van de stoffen en reacties. De te onderzoeken eigenschappen van stoffen hebben ten minste betrekking op de volgende gevarenvelden:

- thermische ontbinding
- polymerisatie
- corrosie en chemische aantasting
- erosie
- brand en explosie
- reactiviteit
- intoxicatie door inademing
- intoxicatie of brandwonden bij contact met de huid
- schadelijkheid voor het milieu.

Om een grondig inzicht te krijgen in al deze eigenschappen zal een beknopte veiligheidskaart of MSDS (material safety data sheet) niet altijd voldoende zijn en zal men meer gespecialiseerde informatiebronnen moeten consulteren.

Voor de geïdentificeerde reacties moet ten minste het reactieschema gekend zijn, net als de condities waarbij de reactie kan optreden (druk, temperatuur, invloed van katalysatoren, ...), de kinetica en de reactiewarmte.

Vindt men de eigenschappen van stoffen en reacties niet terug in het publieke domein, dan moet de exploitant zelf het initiatief nemen tot het laten uitvoeren van de nodige testen.

De uitvoering van de gevaaranalyse zou een gelegenheid moeten zijn om te onderzoeken of het gevaarenpotentieel van de installatie kan verminderd worden. Hierdoor maakt men de installatie inherent veiliger. De belangrijkste strategieën om het gevaarenpotentieel van een installatie te verminderen, zijn:

- stoffen vervangen door minder gevaarlijke stoffen
- kiezen voor minder gevaarlijke reacties

- de hoeveelheden van gevaarlijke stoffen beperken
- de procescondities milderer (lagere druk, minder extreme temperaturen, lagere concentraties, ...).

Het is niet altijd mogelijk om deze strategieën toe te passen, maar het loont steeds de moeite om ze in overweging te nemen. Bij het ontwerpen of wijzigen van installaties zou het daarom een vaste reflex moeten zijn om na te denken over mogelijkheden om de gevaren te beperken.

2.6 De uitvoering van procesveiligheidsstudies

2.6.1 De onderdelen van een procesveiligheidsstudie

Met de term "procesveiligheidsstudie" verwijzen we naar het geheel van studies die nodig zijn om de risico's van ongewenste vrijzettingen te identificeren en te evalueren en om de nodige maatregelen te specificeren om deze risico's te beheersen.

We hebben hierboven verschillende veiligheidsfuncties geïdentificeerd die overeenkomen met verschillende "deelrisico's". Deze deelrisico's maken deel uit van het globale risico van ongewenste vrijzettingen en komen overeen met de gebeurtenissen die kunnen optreden in een vrijzettingsscenario. Elke veiligheidsfunctie die we gedefinieerd hebben, vertegenwoordigt een bepaalde manier van ingrijpen op de keten van gebeurtenissen, waardoor we deze kunnen onderbreken of tenminste afwenden naar minder gevaarlijke gebeurtenissen.

We stellen in deze publicatie voor om elke veiligheidsfunctie het voorwerp te laten uitmaken van een aparte studie. Ook de gevarenstudie beschouwen we als een apart onderdeel van de veiligheidsstudie, evenals het onderzoek van de maatregelen.

2.6.2 Procesveiligheidsstudies bij het ontwerpen en wijzigen van installaties

De uitvoering van veiligheidsstudies moet integraal deel uitmaken van het proces om een nieuwe installatie te ontwerpen. Uit het voorgaande is immers duidelijk geworden dat de maatregelen voor de beheersing van de risico's van zware ongevallen zich niet beperken tot wat veiligheidsapparatuur die aan een installatie wordt toegevoegd als een soort "end of pipe"-oplossing. Bepaalde maatregelen komen overeen met fundamentele keuzes die in een relatief vroeg stadium van het ontwerp aan bod komen, zoals de inplanting van een installatie op de site, de keuze van de werkingscondities, de ontwerpcriteria van de verschillende onderdelen, enz.

Het uitvoeren van een gevarenanalyse kan reeds starten vanaf het prille begin van elk ontwerp: de gewenste eindproducten, de synthesroute en vereiste grondstoffen zijn immers de eerste ontwerpgegevens die beschikbaar zijn.

De studie van de verschillende veiligheidsfuncties kan uitgevoerd worden in functie van de informatie die over de nieuwe installatie beschikbaar wordt. Ongewenste gebeurtenissen kunnen opgespoord worden van zodra het eerste stroomschema is opgesteld. Aanvankelijk zullen de ongevallenscenario's in relatief algemene bewoordingen geformuleerd worden, maar naarmate de installatie meer vorm krijgt, kunnen oorzaken en gevolgen ook gedetailleerder beschreven worden.

De ontwerpprocedure moet voorzien in een aantal formele veiligheidsbesprekingen, die maximaal ondersteund worden door methodes, aangepast aan de veiligheidsfunctie, die vastgelegd zijn bij procedure.

De uitvoering van veiligheidsstudies is ook aan de orde bij de uitvoering van wijzigingen aan de installaties, of aan gebouwen of zelfs bij wijzigingen in externe gevarenbronnen. Het is duidelijk dat niet alle veiligheidsfuncties even relevant zullen zijn bij elke wijziging. Het is daarom belangrijk om bij elke wijziging te bepalen welke onderdelen van de procesveiligheidsstudie moeten uitgevoerd worden.

Indien nieuwe producten geïntroduceerd worden of indien significante wijzigingen worden aangebracht met betrekking tot de procescondities of de hoeveelheid gevaarlijke stoffen, verandert men mogelijk het gevarenpotentieel en dient ook een gevarenstudie uitgevoerd te worden.

2.6.3 De periodieke herziening van procesveiligheidsstudies

Het samenwerkingsakkoord vraagt een herziening van het veiligheidsrapport iedere 5 jaar. Aangezien een veiligheidsrapport wordt opgesteld op basis van de uitgevoerde veiligheidsstudies, moet een herziening van de veiligheidsstudies aan de basis liggen van de herziening van het veiligheidsrapport.

De periodieke herziening van de veiligheidsstudies is een praktijk die ook in de literatuur inzake procesveiligheid sterk wordt aanbevolen³. Er zijn verschillende argumenten voor het periodiek herzien van veiligheidsstudies, zelfs voor installaties die weinig of niet wijzigen in de loop der jaren.

Streven naar volledigheid in de risico-identificatie

De kans is reëel dat men in elke veiligheidsstudie bepaalde oorzaken of gevolgen over het hoofd ziet.

³ bijvoorbeeld in de publicatie "Revalidating Process Hazard Analyses", een uitgave van het CCPS (Center for Chemical Process Safety) van het AIChE (American Institute of Chemical Engineers)

Door het regelmatig herhalen van de studie zal men echter de volledige inventarisatie van alle mogelijke risico's van zware ongevallen beter benaderen.

Cumulatief effect van (kleine) wijzigingen aan de installaties

Een installatie blijft zelden onveranderd in de loop der jaren. Verschillende kleine wijzigingen, die ieder op zich "te licht" werden bevonden om een veiligheidsstudie te verantwoorden, kunnen samen wel een significante impact hebben op de risico's van een installatie.

Evolutie van de stand der techniek

De stand der techniek evolueert voortdurend, ook op het vlak van de veiligheidstechniek. Bepaalde technieken kunnen bijvoorbeeld bij het ontwerp van een installatie niet beschikbaar, onvoldoende robuust of te duur zijn geweest, waardoor ze niet werden geïmplementeerd. Denk bijvoorbeeld aan de evolutie op het vlak van de meettechnieken en van doseersystemen. Periodieke veiligheidsstudies kunnen een gelegenheid zijn om het gebruik van recentere technieken te evalueren.

Evolutie in de perceptie van risico's

Niet alleen de techniek evolueert, ook de verwachtingen ten aanzien van het veiligheidsniveau in de samenleving in het algemeen en in de industrie in het bijzonder. Voor bepaalde situaties die tien jaar geleden als een aanvaardbare praktijk gezien werden, is dat misschien nu niet meer het geval en zijn er bijkomende preventie maatregelen vereist.

Opleiding, bewustmaking en communicatie

Het uitvoeren van veiligheidsstudies is voor de deelnemers een belangrijke vorm van opleiding en bewustmaking inzake veiligheid. Het is de ideale gelegenheid om kennis over gevaren en risico's van een bepaalde installatie op te frissen en opnieuw onder de aandacht te brengen. In elke veiligheidsstudie die in groep wordt uitgevoerd, gebeurt een aanzienlijke informatieoverdracht tussen verschillende disciplines, tussen verschillende hiërarchische niveaus, tussen ingenieurs en operatoren, tussen verschillende leeftijden, ...

2.7 De documentatie van procesveiligheidsstudies

2.7.1 Het belang van documentatie

De kwaliteit van een studie kan slechts blijken uit de kwaliteit van documenten die de bevindingen van de studie bevatten. Een studie die op een systematische wijze werd uitgevoerd en aanleiding geeft tot duidelijke conclusies, zal ook aanleiding geven tot een gestructureerde en duidelijke documentatie.

Om het belang van een goede documentatie te onderlijnen voeren we een specifieke term in, met name de "procesveiligheidsdocumentatie". De procesveiligheidsdocumentatie is het geheel van actuele en gecontroleerde documenten waarin alle (deel)risico's van ongewenste vrijzettingen in een bepaalde vestiging van een onderneming geïdentificeerd werden en waarin de maatregelen zijn beschreven die effectief geïmplementeerd zijn (of zullen worden).

De procesveiligheidsdocumentatie is dus niet de verzameling van studies die uitgevoerd zijn in het kader van de projecten of van het onderzoek van ongevallen. Dergelijke studies hebben immers meestal maar een beperkte scope (ze beperken zich tot het gewijzigde deel van de installatie, en binnen het gewijzigde deel vaak enkel tot de wijzigingen).

Om te komen tot een procesveiligheidsdocumentatie is een bijkomende inspanning vereist om de projectgebonden informatie te integreren in een actueel installatiegebonden informatiepakket.

Beschikken over een procesveiligheidsdocumentatie is onontbeerlijk om te voldoen aan de verplichting van het samenwerkingsakkoord om te allen tijde te kunnen aantonen dat de nodige maatregelen ter beheersing van de risico's van zware ongevallen getroffen zijn. Die aantoonplicht veronderstelt overzichtelijke, gestructureerde en actuele informatie over de risico's van zware ongevallen en de getroffen maatregelen.

De bijkomende inspanning om een procesveiligheidsdocumentatie op te stellen en actueel te houden, is niet alleen nodig in het kader van de aantoonplicht. De procesveiligheidsdocumentatie is een onontbeerlijk instrument voor het bedrijf om de procesrisico's te beheren. Via de procesveiligheidsdocumentatie kan de kennis over de risico's bewaard blijven binnen de onderneming en doorgegeven worden aan nieuwe medewerkers. De procesveiligheidsdocumentatie is de ideale vertrekbasis voor de uitvoering van verdere veiligheidsstudies in het kader van wijzigingen en bij de periodieke herziening van de veiligheidsstudies. De documentatie levert een overzicht van alle maatregelen en kan gebruikt worden om de volledigheid van de inspectieprogramma's na te gaan. Uit een goede procesveiligheidsdocumentatie zou ook moeten blijken voor welke situaties men rekt op de interne interventieploeg. Deze informatie is cruciale input voor de noodplanning.

2.7.2 Een mogelijke structuur van de procesveiligheidsdocumentatie

A. De 10 onderdelen van de documentatie

De aanpak die we in deze publicatie voorstellen, houdt in dat we iedere veiligheidsfunctie het voorwerp laten uitmaken van een aparte studie. Daarnaast hebben we nog de gevarenstudie en de studie van de maatregelen. Samen levert dit de

volgende documentatiestructuur op voor een installatie.

Sevesosite
↳ Documentatie van de procesgevaaren
↳ Documentatie van de beheersing van processtoringen
↳ Documentatie van de beheersing van de degradatie van de omhullingen
↳ Documentatie van de beperking van accidentele vrijzettingen
↳ Documentatie van de beheersing van de verspreiding van stoffen en energie
↳ Documentatie van het vermijden van ontstekingsbronnen
↳ Documentatie van de bescherming tegen brand
↳ Documentatie van de bescherming tegen explosies
↳ Documentatie van de bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen
↳ Documentatie van de maatregelen

De mogelijke documentatiestructuur voor elk van deze studies zullen we hieronder verder uitwerken. Deze structuur is niet de enige die mogelijk is. Bovendien gaat het niet noodzakelijk om de manier waarop de informatie fysisch wordt bijgehouden, op papier of in elektronische vorm.

B. De documentatie van de procesgevaaren

In de studie van de procesgevaaren identificeren we de stoffen en reacties in elke installatie. Voor elke stof en elke reactie worden de relevante eigenschappen opgezocht en gedocumenteerd.

Documentatie van de procesgevaaren
↳ Installatie
↳ Stof
↳ Eigenschappen
↳ Reactie
↳ Eigenschappen
↳ Onderzoek naar beperking van de gevaaren
↳ Al dan niet gerealiseerde mogelijkheden om de gevaaren te beperken

C. De documentatie van de beheersing van processtoringen

Een onderzoek naar processtoringen wordt uitgevoerd per installatieonderdeel. De opdeling van een

installatie in installatieonderdelen vinden we dus ook terug in de documentatie van de studie.

Om de risico's van storingen per onderdeel te documenteren kan men gebruik maken van "storingsscenario's", die het verband leggen tussen een bepaalde storing en de gevolgen ervan. In deze publicatie stellen we voor om de gevolgen van de storingen uit te drukken in termen van de aard en hoeveelheid van vrijgezette stoffen. Bij elk scenario hoort tevens een evaluatie om te argumenteren dat de maatregelen voldoende zijn om het risico te beheersen.

De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

Documentatie van de beheersing van processtoringen
↳ Installatie
↳ Installatieonderdeel
↳ Storingsscenario
↳ Keten van gebeurtenissen tussen de initiële storing(en) en de vrijzetting
↳ Maatregelen om te voorkomen dat de storing aanleiding geeft tot de vrijzetting
↳ Evaluatie

D. De documentatie van de beheersing van de degradatie van de omhullingen

De degraderende fenomenen worden onderzocht per installatieonderdeel. De opdeling van de installatie hoeft niet noodzakelijk samen te vallen met de opdeling gebruikt bij het onderzoek naar de storingen. Voor elk installatieonderdeel wordt onderzocht welke degraderende fenomenen men kan verwachten (op basis van de procescondities) en (naarmate men ervaring opbouwt met de omhulling) welke degradatiefenomenen zich effectief voordoen.

De risico's van degradatie zouden beschreven kunnen worden in "degradatiescenario's" waarin de volgende elementen zijn opgenomen: een degraderend fenomeen, de soort schade aan de omhulling als gevolg van de degradatie, de mogelijke faalwijze als gevolg van de schade.

Bij elk scenario worden de maatregelen gedefinieerd om de schade door het degraderend fenomeen te beperken of te vertragen, en de maatregelen genomen om de voortgang van de degradatie op te volgen. Bij elk scenario hoort tevens een evaluatie waaruit blijkt dat het onderdeel nog geschikt is om gebruikt te worden tot de volgende geplande inspectie.

De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

Documentatie van de beheersing van de degradatie van de omhullingen

- ↳ Installatie
 - ↳ Installatieonderdeel
 - ↳ Degradatiescenario
 - ↳ Degraderend fenomeen, te verwachten of effectieve schade, faalwijze
 - ↳ Inspectietechnieken en inspectie-interval
 - ↳ Evaluatie

E. De documentatie van de beperking van accidentele vrijzettingen

De studie van de beperking van accidentele vrijzettingen start met de identificatie van alle installatieonderdelen waarin zich belangrijke hoeveelheden gevaarlijke stoffen bevinden. Men zou voor elk onderdeel rechtstreeks de maatregelen kunnen vermelden (de aanwezige noodafsluiters, de mogelijkheden om de inhoud te transfereren, ...), maar we stellen hier voor om te werken via lekscenario's, waarbij het scenario vertrekt van een representatief lek en eindigt met de maximale vrijzetting die zou optreden als men niet ingrijpt. Voor elk lek documenteert men de genomen maatregelen en argumenteert men de keuze ervan. Wanneer er geen maatregelen getroffen worden, is het ook belangrijk om dit te vermelden en de redenen ervoor goed te documenteren.

De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

Documentatie van de beperking van accidentele vrijzettingen

- ↳ Installatie
 - ↳ Installatieonderdeel
 - ↳ Lekscenario
 - ↳ Representatief lek – maximale hoeveelheid die kan worden vrijgezet
 - ↳ Maatregelen om de vrijzetting als gevolg van het representatief lek te beperken
 - ↳ Evaluatie

F. De documentatie van de beheersing van de verspreiding van stoffen en energie

Ook in de studie van de verspreiding van stoffen en energie vertrekt men van een opdeling van de

installatie. In de meeste gevallen kan de resolutie van de opdeling van de installatie in deze studie lager liggen dan bijvoorbeeld voor de studie van de processtoringsen en kan men representatieve lekken identificeren voor bepaalde zones (inkuipingen, blokvelden met installaties). Een installatieonderdeel in deze studie kan dus meerdere procesapparaten bevatten.

Voor het documenteren van de risico's van verspreiding stellen we voor om te werken met "verspreidingsscenario's". Verspreidingsscenario's vertrekken van een representatieve vrijzetting en eindigen bij de situatie die optreedt in het geval er geen maatregelen worden genomen (bijvoorbeeld grondwaterverontreiniging, vorming van een explosieve wolk, een toxische wolk in een bepaalde zone). Het is belangrijk om de verschillende verspreidingsroutes te onderzoeken. In bepaalde gevallen kunnen er dus meerdere eindgebeurtenissen zijn voor één vrijzetting. Bij elk scenario worden de maatregelen gedefinieerd om de verspreiding te beheersen. De keuze van de maatregelen wordt geargumenteed.

De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

Documentatie van de beheersing van de verspreiding van stoffen en energie

- ↳ Installatie
 - ↳ Installatieonderdeel
 - ↳ Verspreidingsscenario
 - ↳ Representatief lek – resultaat van verspreiding zonder maatregelen
 - ↳ Maatregelen om verspreiding te beheersen
 - ↳ Evaluatie

G. De documentatie van het vermijden van ontstekingsbronnen

Men kan voor de studie voor het vermijden van de ontstekingsbronnen gebruik maken van tabellen waarin de lekbronnen worden geïdentificeerd en gekarakteriseerd (activiteitsgraad, ventilatiegraad). Voor elke lekbron worden de overeenkomstige zones gedocumenteerd en geargumenteed (bijvoorbeeld door te verwijzen naar een typezonering uit een zoneringstandaard). De lekbronnen worden vermeld per installatieonderdeel. De documentatiestructuur start ook hier met een opdeling van de installatie.

Naast een overzicht van de bronnen, kan men een apart overzicht van alle gebruikte apparaten aanleggen die geheel of gedeeltelijk in een zone zijn opgesteld. In het schema hieronder wordt deze lijst aangelegd per installatie. Voor elk apparaat wordt vermeld in welke zone(s) het is opgesteld en wat de overeenkomstige reglementaire categorie moet zijn. Ten slotte wordt geargumenteed dat

het voldoet aan de eisen met betrekking tot het onderdrukken van ontstekingsbronnen overeenkomstig de zone. Als men niet kan verwijzen naar certificaten van de fabrikant zal men zelf een analyse moeten uitvoeren van de ontstekingsbronnen.

De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

<p>Documentatie van het vermijden van ontstekingsbronnen</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Installatie <ul style="list-style-type: none"> ↳ Installatieonderdeel <ul style="list-style-type: none"> ↳ Lekbron <ul style="list-style-type: none"> ↳ Kenmerken van de lekbron ↳ Zone rond de lekbron ↳ Argumentatie van de zone rond lekbron ↳ Apparaat <ul style="list-style-type: none"> ↳ Zone waarin het apparaat is opgesteld ↳ Argumentatie (certificaat of analyse van de ontstekingsbronnen)
--

H. De documentatie van de bescherming tegen brand

De studie voor de bescherming tegen brand wordt uitgevoerd in functie van de te beschermen schadedragers. De documentatiestructuur voor deze functie start dus met de identificatie van de schadedragers en kan er bijvoorbeeld als volgt uitzien.

<p>Documentatie van de bescherming tegen brand</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Installatie <ul style="list-style-type: none"> ↳ Installatieonderdeel ↳ Draagstructuur <ul style="list-style-type: none"> ↳ Sectie van de draagstructuur (bv. verdieping) ↳ Kabelgoot <ul style="list-style-type: none"> ↳ Sectie van de kabelgoot (bv. binnen en buiten de installatiegrenzen) ↳ Operationele handeling (met verhoogd risico op blootstelling) ↳ Zone waar mensen aanwezig zijn ↳ Gebouw <ul style="list-style-type: none"> ↳ Lokaal ↳ Nutsvoorziening
--

In het hiervoor beschreven voorstel hebben we een eerste reeks schadedragers geïdentificeerd per installatie, met name:

- installatieonderdelen
- draagstructuren
- kabelgoten
- uitvoerders van operationele handelingen met een verhoogd risico op blootstelling
- mensen aanwezig in een bepaalde zone in het bedrijf (waar een min of meer uniform risico van blootstelling aan brand aanwezig is).

Grote draagstructuren kunnen eventueel opgesplitst worden in verschillende secties, indien er wezenlijke verschillen zijn in brandrisico's tussen de secties. Om dezelfde reden kan het in sommige gevallen nuttig zijn om verschillende secties in de kabelgoten te onderscheiden en gebouwen op te splitsen in lokalen.

Administratieve gebouwen of werkplaatsen horen vaak niet bij een specifieke installatie maar hebben een algemene functie. Daarom hebben we ze apart geplaatst in de documentatiestructuur. Het betreft hier gebouwen die eventueel blootgesteld kunnen worden aan een brand ten gevolge van productuitbraak in een nabijgelegen installatie.

Nutsvoorzieningen zijn vaak gemeenschappelijk voor meerdere installaties, waardoor we een aparte opsomming hebben voorzien. Indien nutsvoorzieningen specifiek toegewezen zijn aan een installatie, kunnen zij uiteraard ook bij die installatie ondergebracht worden.

De risico's van schade door brand kunnen voor elke schadedrager gedocumenteerd worden via een brandscenario, waarvan de mogelijke structuur hieronder wordt gegeven.

<p>Schadedrager</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Brandscenario <ul style="list-style-type: none"> ↳ Representatieve brand – schade zonder beschermende maatregelen ↳ Brandbeschermende maatregelen ↳ Evaluatie

I. De documentatie van de bescherming tegen explosies

We beperken ons hier tot gebouwen als schadedragers. De risico's worden gedocumenteerd via "explosiescenario's". Merk op dat er hier geen aparte maatregelen zijn, omdat de maatregelen die men neemt integraal deel uitmaken van het gebouw dat men evalueert. Het heeft geen zin om een gebouw "zonder maatregelen" te evalueren, voor zover het al duidelijk zou zijn waar de grens ligt tussen het onbeschermd gebouw en de verstevigingen die men aanbrengt. De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

Documentatie van de bescherming tegen explosies

- ↳ Gebouw
 - ↳ Explosiescenario
 - ↳ Representatieve explosie
 - ↳ Schade aan het gebouw
 - ↳ Evaluatie van het risico

J. De documentatie van de bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen

De studie voor de bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen wordt uitgevoerd voor de verschillende (menselijke) schadedragers die we kunnen onderscheiden:

- uitvoerders van operationele handelingen waarbij vrijzettingen kunnen optreden
- mensen aanwezig in bepaalde zones in open lucht (waarin een min of meer uniform risico van blootstelling aanwezig is)
- mensen aanwezig in gebouwen met gevaarlijke stoffen
- mensen aanwezig in gebouwen die door een externe vrijzetting bedreigd (kunnen) worden.

Dit levert de volgende structuur op.

Documentatie van de bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen

- ↳ Installatie
 - ↳ Operationele handeling (waarbij vrijzettingen kunnen optreden)
 - ↳ Zone in open lucht waar mensen aanwezig zijn
 - ↳ Gebouw waarin gevaarlijke stoffen aanwezig zijn
 - ↳ Lokaal
- ↳ Gebouw (administratie, werkplaats)

Voor elke schadedrager documenteren we de risico's van blootstelling via een "blootstellings-scenario", zoals hieronder weergegeven.

Schadedrager

- ↳ Blootstellingsscenario
 - ↳ Representatieve vrijzetting – schade zonder beschermende maatregelen
 - ↳ Maatregelen ter bescherming tegen de blootstelling
 - ↳ Evaluatie

2.7.3 De documentatie van de maatregelen

Voor elke maatregel die vermeld wordt in een veiligheidsstudie worden de volgende aandachtspunten onderzocht:

- effectiviteit
- betrouwbaarheid
- bijkomende risico's geïntroduceerd door de maatregel zelf.

We beschouwen het onderzoek van maatregelen hier als een apart onderdeel van de procesveiligheidsdocumentatie om er de nadruk op te leggen dat het wel degelijk om aparte studies gaat die aanvullend zijn op de studie van de veiligheidsfuncties.

De documentatie van deze veiligheidsfunctie kan dan de volgende vorm aannemen.

Documentatie van de maatregelen

- ↳ Installatie
 - ↳ Maatregel
 - ↳ Effectiviteit
 - ↳ Specificaties die belangrijk zijn voor de effectiviteit
 - ↳ Betrouwbaarheid
 - ↳ Specificaties die belangrijk zijn voor de betrouwbaarheid
 - ↳ Risico's geïntroduceerd door de maatregel
 - ↳ Specificaties en extra maatregelen om de risico's te beheersen

In de praktijk zal men voor de meeste maatregelen over één of andere vorm van documentatie beschikken (ontwerpspecificaties, documentatie van de leverancier, enz.) en kan men het onderzoek naar de maatregel (als een formeel document) toevoegen bij het bestaande dossier per maatregel. Het is ook mogelijk om de studie van elke maatregel deel te laten uitmaken van de veiligheidsstudie waarin hij vermeld wordt.



3

De studie van de procesgevaren

3.1 *Identificatie van de stoffen in de installatie*

De identificatie en analyse van de stoffen en reacties in de installatie vormt de basis voor de studie van de procesrisico's. De inherente gevaarlijke eigenschappen van stoffen en de fysische condities waarin ze aanwezig zijn in de installatie zijn immers bepalend voor de aard en de omvang van de schade die kan optreden wanneer ze worden vrijgezet. Daarnaast spelen stoffen en reacties een rol bij allerlei fenomenen die een ongewenste vrijzetting kunnen veroorzaken.

Een lijst opstellen van stoffen die in normale omstandigheden aanwezig zijn, zou voor de meeste procesinstallaties geen probleem mogen zijn.

De meest eenvoudige situatie is deze waarbij het proces en de aanwezige stoffen gedurende een lange periode onveranderd blijven en waarbij de introductie van een nieuwe stof eerder uitzonderlijk is. Een dergelijke wijziging in het proces moet opgevangen worden via de procedures voor het beheer van wijzigingen.

In bepaalde bedrijven kent men een grote rotatie van de aanwezige stoffen, zoals bijvoorbeeld in tankopslagbedrijven, opslagmagazijnen of bedrijven uit de farmaceutische sector en de fijnchemie. De introductie van nieuwe stoffen is echter ook hier op voorhand gekend en kan perfect beheerst worden via de nodige procedures voor de accepta-

tie van nieuwe stoffen of voor wijzigingen in de procesvoering.

In bepaalde specifieke sectoren is de exacte samenstelling van de toegeleverde grondstoffen absoluut niet evident. Denk hierbij aan de afvalverwerkende industrie, waar de te verwerken stromen meestal complexe mengsels zijn waarvan de toeleveranciers zelf niet de exacte samenstelling kennen. Bij dergelijke activiteiten zijn de procedures en technieken voor het bemonsteren en het analyseren van de binnenkomende stromen van cruciaal belang bij de beheersing van zware ongevallen. Een strategie die in dergelijke bedrijven gevolgd wordt, is het rechtstreeks bepalen van de gevaarlijke eigenschappen van de afvalstromen door middel van de nodige laboratoriumtesten.

Bij de inventarisatie van stoffen mag men zich niet beperken tot de "hoofdrospelers". Ook stoffen die in kleine hoeveelheden aanwezig zijn of die niet actief deelnemen aan het proces, kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het gevarenpotentieel, bijvoorbeeld omdat ze in bepaalde delen van de installatie kunnen accumuleren en aanleiding kunnen geven tot ongewenste reacties. Typische voorbeelden van dergelijke stoffen zijn:

- onzuiverheden in de aangeleverde grondstoffen
- nevenproducten van (gewenste) synthese-reacties
- reactieproducten van ongewenste reacties.

3.2 Onderzoek naar de eigenschappen van de stoffen

3.2.1 Te onderzoeken eigenschappen

Stoffen kunnen een rol spelen in het veroorzaken van een vrijzetting. Een thermische ontbinding, een polymerisatiereactie of een interne explosie kunnen leiden tot hoge drukken en temperaturen.

De eigenschappen van de stoffen zijn verder bepalend voor de degraderende fenomenen die de omhullingen kunnen bedreigen, zoals allerlei vormen van corrosie en erosie. Eens vrijgezet uit de installatie, bepalen de eigenschappen van de stoffen de aard van de mogelijke gevolgen: brand, explosie, intoxicatie, chemische brandwonden of schade aan het milieu.

In Tabel 3.1 geven we een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van stoffen die in het kader van een procesveiligheidsstudie gekend moeten zijn.

Tabel 3.1: Relevante stoffeigenschappen voor procesveiligheidsstudies

Gevarenveld	Relevante parameters en informatie
Thermische ontbinding	<ul style="list-style-type: none"> • ontbindingstemperatuur • ontbindingsenthalpie • omstandigheden waarin de ontbindingsreactie kan optreden (temperatuur, invloed van stoffen met een katalytische werking, ...) • ontbindingsproducten
Polymerisatie	<ul style="list-style-type: none"> • omstandigheden waarbij de stof kan polymeriseren • reactie-enthalpie
Corrosie en chemische aantasting	<ul style="list-style-type: none"> • corrosief gedrag in combinatie met courante constructiematerialen: <ul style="list-style-type: none"> ◦ type van corrosie ◦ type van schade ◦ corrosiesnelheden • chemische interactie met courante constructiematerialen (bvb. verbrossing, waterstofvorming)
Erosie	<ul style="list-style-type: none"> • eroderende werking (in functie van stroomsnelheden)
Brand en explosie	<ul style="list-style-type: none"> • vlampunt • verbrandingswarmte • zelfontbrandingstemperatuur • onderste en bovenste explosiegrens, ontstekingsenergie • geleidbaarheid en mate van elektrostatische oplading, verbrandingsproducten
Intoxicatie door inademing	<ul style="list-style-type: none"> • het effect op de mens bij opname via de luchtwegen (in functie van de concentraties) • IDHL- of LC50-waarde (effect van een kortstondige blootstelling aan een hoge dosis)
Intoxicatie of brandwonden bij contact met de huid	<ul style="list-style-type: none"> • het effect bij contact met de huid (in functie van het contactoppervlak en de blootstellingstijd)
Schade aan het milieu	<ul style="list-style-type: none"> • ecotoxische gegevens zowel acuut als chronisch (zoals aquatische toxiciteit, terrestrische toxiciteit, bacteriële toxiciteit, ...) • persistentie en afbreekbaarheid via biologische weg, via oxidatie, via hydrolyse, ... (biodegradeerbaarheid) • oplosbaarheid in water, mobiliteit in de bodem • bioaccumuleerbaarheid • eigenschappen relevant voor de verspreiding van de stof in het milieu, milieutraject (blootstelling) • hormoonregulerend vermogen • vorming van fotochemische ozon, ozonafbrekend vermogen, broeikas effect • enz.
Reactiviteit	<ul style="list-style-type: none"> • reactie met water • reactie met koolwaterstoffen • reactie met zuren en basen

3.2.2 Informatiebronnen

Voor de courant gebruikte stoffen zijn de eigenschappen meestal gekend en publiek gemaakt in wetenschappelijke werken en publicaties. Voor stoffen die worden aangekocht, kan men voor informatie terecht bij de producent, die verplicht is deze informatie te verstrekken.

De informatie die men terugvindt in de traditionele veiligheidskaarten is echter meestal te summier voor het uitvoeren van een grondige procesveiligheidsstudie. Zo vindt men bijvoorbeeld voor butadien in een typische veiligheidskaart het volgende: "de stof kan gemakkelijk peroxiden vormen en heftig polymeriseren met kans op brand en explosie." Onder welke condities deze peroxiden gevormd worden en wat precies hun eigenschappen zijn, vindt men niet in de doorsnee gevarenkaart. Butadienperoxiden vormen een onoplosbare fase die uitzakt. De bezinksels kunnen bij het reinigen ontploffen bij impact. Dergelijke informatie is essentieel voor het onderzoek van de risico's in installaties met butadien.

Gevarenkaarten kunnen nuttig zijn om te signaleren dat de stof bepaalde, minder voor de hand liggende eigenschappen vertoont. Verder onderzoek naar deze eigenschappen in meer diepgaande informatiebronnen is echter in de meeste gevallen noodzakelijk.

Ook een ongevallencasuïstiek levert zeer bruikbare informatie over het gevaarpotentieel van stoffen.

Het uitwisselen van informatie over het veilig gebruik van chemische stoffen en mengsels doorheen de volledige industriële keten is een van de hoofddoelinden van de REACH Verordening. Door informatie over chemische stoffen en mengsels te delen kan de industriële nijverheid op een efficiënte manier gegevens verzamelen over de gebruikte producten. In de ECHA-databank kan informatie zoals bijvoorbeeld gevaarseigenschappen, indeling en etikettering, veilig gebruik, chemische en fysische eigenschappen, ecotoxicologische informatie, blootstellingstudies,... worden gevonden over de grondstoffen, tussenproducten en afgewerkte producten die onder REACH werden geregistreerd. Veiligheidsinformatiebladen vormen een onlosmakelijk deel van het systeem van de REACH-verordening. De veiligheidsinformatiebladen zullen tegen uiterlijk 1 juni 2015 moeten bijgewerkt worden overeenkomstig de indelingscriteria en etiketteringsregels van de CLP-verordening (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures) en moeten aangevuld worden met extra informatie die beschikbaar werd in het kader van de REACH-verordening.

Voor de afvalverwerkende industrie is het een gangbare praktijk dat via laboratoriumtesten bepaalde gevaarlijke eigenschappen van een afvalstroom worden bepaald, die belangrijk zijn voor de opslag en verwerking van de afvalstoffen.

3.3 Identificatie van de reacties

De gewenste reacties in een proces zijn gekend en de identificatie ervan mag geen probleem vormen. Men mag zich evenwel niet beperken tot de reacties in de reactoren. Ook in installatieonderdelen die niet als reactoren beschouwd worden, kunnen gewenste reacties optreden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan verbrandingsovens, installaties voor het zuiveren van grondstoffen, installaties voor het behandelen van afvalstromen, enzovoort.

Minder voor de hand liggend is de identificatie van ongewenste reacties die kunnen optreden als stoffen ongewenst met elkaar in contact komen of wanneer zich in de installatie afwijkende condities voordoen (van druk, temperatuur, concentratie, ...), die reacties mogelijk maken die bij de normale werking niet optreden. Een bedrijf moet kunnen aantonen dat er op systematische wijze gezocht werd naar het mogelijk optreden van ongewenste reacties in de installatie.

Een systematisch onderzoek naar de mogelijkheden van stoffen om onderling te reageren kan gebeuren aan de hand van een interactiematrix. Een dergelijke matrix bevat in de kolommen en rijen alle stoffen die in de installatie aanwezig kunnen zijn. Een vak in de matrix komt overeen met combinatie van twee stoffen. In het vak kan aangeduid worden of een reactie mogelijk is. Bij een interactiematrix hoort dan ook een afzonderlijk overzicht met de mogelijke reacties en hun eigenschappen.

Indien een interactiematrix met alle stoffen te groot en te onhandig zou uitvallen, kan men voor elke stof een aparte matrix opstellen (1 x N) waarin de interactie van die ene stof met alle andere stoffen wordt onderzocht.

Het is belangrijk om in de interactiematrix niet alleen de "normale", gewenste stoffen op te nemen, maar ook de stoffen die mogelijk ongewenst aanwezig kunnen zijn.

3.4 Onderzoek naar de eigenschappen van reacties

Voor de geïdentificeerde reacties moet het reactieschema gekend zijn, net als de condities waarbij de reactie kan optreden (druk, temperatuur, invloed van katalysatoren, ...).

Exotherme reacties kunnen aanleiding geven tot een druk- of temperatuurstijging. Relevante inherente eigenschappen van een reactie in dit verband zijn de reactiewarmte en de eventuele nettoproductie van gassen. Verder is ook de snelheid waarmee gassen of energie worden geproduceerd van belang. Kennis van de eigenschappen van de gewenste reacties is noodzakelijk tijdens het onderzoek naar de oorzaken van vrijzetting uit de installatieonderdelen waarin ze

plaatsgrijpen. De kennis omtrent de ongewenste reacties is nodig om te oordelen of een ongewenste reactie zich effectief kan voordoen in een onderdeel waarin twee onderling reactieve stoffen aanwezig zijn en om in te schatten wat de gevolgen zijn van een dergelijke reactie (stijging van de druk en/of de temperatuur, vorming van gevaarlijke reactieproducten, ...).

Ongewenste reacties kunnen zich ook voordoen buiten de installatieonderdelen. Denk bijvoorbeeld aan reacties in de inkuiping of in het afvoersysteem. Twee relatief ongevaarlijke stoffen kunnen reageren en een gevaarlijk reactieproduct vrijzetten.

3.5 Onderzoek naar de vermindering van het gevaarlijkpotentieel

De uitvoering van de gevarenanalyse zou een gelegenheid moeten zijn om te onderzoeken of het gevaarlijkpotentieel van de installatie kan vermindert worden. Hierdoor maakt men de installatie

inherent veiliger. In Tabel 3.2 worden een aantal mogelijkheden opgesteld om het gevaarlijkpotentieel van een installatie te beperken.

Bij het streven naar inherente veiligheid is men in sterke mate afhankelijk van de inspiratie en de creativiteit van de ontwerpers. Het is belangrijk dat aan de ontwerpers van de installatie duidelijk gemaakt wordt dat streven naar inherente veiligheid gewenst is.

Over inherente veiligheid bestaan een aantal interessante publicaties, zoals:

- "Inherently Safer Chemical Processes", uitgegeven door CCPS in 1996
- "Cheaper, Safer Plants" van Trevor Kletz, uitgegeven door "The Institution of Chemical Engineers" in 1984.

Dergelijke werken ter beschikking stellen aan en laten lezen door de ontwerpingenieurs kan een belangrijke stimulans en ondersteuning betekenen in de zoektocht naar meer inherent veilige ontwerpkeuzes.

Tabel 3.2: Mogelijkheden voor het verminderen van het gevaarlijkpotentieel

1. vervangen van stoffen door andere stoffen die minder gevaarlijk zijn
 2. volgen van een alternatieve synthesroute met minder gevaarlijke stoffen en/of reacties
 3. keuze van de reactiecondities zodanig dat de maximaal toelaatbare werkingsdruk van de reactor niet kan worden overschreden bij uitval van de koeling, bijvoorbeeld door:
 - het beperken van de hoeveelheden reagentia in de reactor door het beperken van het volume van de reactor of de doseringsvaten
 - het beperken van de toevoegdebieten van reagentia door de keuze van het type pompen en de dimensionering van het leidingwerk
 4. beperken of elimineren van opslagcapaciteit, bijvoorbeeld door:
 - het verhogen van de betrouwbaarheid van de installatie en daardoor het vermijden van opslag die nodig is om delen van de installatie te laten draaien terwijl andere stilliggen
 - het correct dimensioneren (niet groter dan nodig)
 - de aanvoer van grondstoffen via pijpleiding
 - een betere productieplanning
 5. beperken van de inhoud van een reactor, bijvoorbeeld door:
 - een verhoging van de reactiesnelheid (betere menging en contact van reagentia)
 - de keuze van het type reactor (bvb. doorgaans vereisen continue of semi-batchreactoren een meer beperkte inhoud dan batchreactoren; buisreactoren zijn vaak compacter dan tankreactoren)
 6. keuze van andere, mildere werkingsparameters, bijvoorbeeld door:
 - te kiezen voor gekoelde opslag (beneden het atmosferisch kookpunt) i.p.v. opslag onder (hogere) druk
 - de inzet van andere (verbeterde) katalysatoren, waardoor minder hoge drukken en temperaturen nodig zijn
-



4

Beheersing van processtoringsen

4.1 *Risico's van vrijzetting door processtoringsen*

4.1.1 **Processtoringsen en de normale werking**

De term "processtoringsen" gebruiken we om te verwijzen naar alle afwijkingen van de normale procesvoering.

Tijdens de normale procesvoering blijven de procesparameters, zoals onder meer druk, temperatuur, debieten en concentraties binnen bepaalde minimale en maximale waarden. Deze waarden bepalen het zogenaamde "operationeel venster". Naast deze parameters wordt de normale procesvoering ook gekenmerkt door een aantal discrete gegevens, zoals de volgorde waarin bepaalde operaties gebeuren, het maken van de juiste aansluiting bij het laden en lossen, de correcte positie van kleppen, enz.

Het ingesloten houden van de stoffen en de energie tijdens de normale bedrijfsvoering is de taak van de omhulling. De omhulling moet ontworpen en onderhouden worden om weerstand te bieden aan alle invloeden die bij normale werking op haar worden uitgeoefend. Het is echter niet vanzelfspre-

kend dat de omhulling bestand is tegen de invloeden die optreden bij processtoringsen.

De weerstand van de omhulling kan verminderen als gevolg van allerlei degraderende mechanismen waardoor er toch vrijzettingen kunnen optreden wanneer het proces binnen het operationeel venster bedreven wordt. Die degraderende mechanismen moeten geïdentificeerd worden, de schade moet opgevolgd worden via inspecties en de installatie moet tijdig hersteld worden (of uit dienst genomen) alvorens de omhullingen falen. De studie van de risico's van degradatie van de omhulling maakt het voorwerp uit van het volgende hoofdstuk.

Vóór we de risico's van processtoringsen behandelen, bespreken we eerst de invloeden waaraan de omhulling bij normale procesvoering weerstand moet bieden.

4.1.2 **Vereiste weerstand van de omhulling bij normale werking**

We geven hierna een beknopt overzicht van de belangrijkste invloeden waaraan een omhulling moet weerstaan tijdens de normale werking van de installatie.

A. Hoge druk en lage druk

Een omhulling moet bestand zijn tegen de maximale en minimale drukken die tijdens de normale bedrijfsvoering kunnen optreden. In de praktijk betekent dit dat de bovenste en onderste ontwerp-drukken van de omhulling respectievelijk groter en kleiner moeten zijn dan de maximale en minimale drukken die optreden in de omhulling tijdens de normale werking.

B. Lage temperatuur

Bij een dalende temperatuur zal het breukmechanisme van een materiaal vanaf een bepaalde temperatuur overgaan van ductiel naar bros. Bij temperaturen beneden deze overgangstemperatuur ("ductile/brittle transition temperature") kan zich een brosse breuk voordoen en dit bij spanningen die veel lager zijn dan deze vereist voor een ductiele breuk (bij temperaturen boven de overgangstemperatuur).

Het spreekt voor zich dat een omhulling bestand moet zijn tegen de laagste temperatuur die kan optreden tijdens de normale werking van de installatie.

C. Hoge temperatuur

Hogere temperaturen kunnen aanleiding geven tot kruip van metalen omhullingen. Kruip is de toename in lengte bij hoge temperaturen en bij een constante belasting en dit over een bepaalde tijdperiode. Bij een bepaalde (hoge) temperatuur zal de kruip na verloop van tijd versnellen tot een breuk optreedt. Hoge temperaturen kunnen dus, afhankelijk van de waarde en de eigenschappen van de omhulling, aanleiding geven tot een snelle breuk of kunnen de levensduur van een omhulling beperken.

Typische karakteristieken voor de weerstand tegen kruip bij een bepaalde temperatuur zijn:

- de spanning voor 1% verlenging na 100 000 uren
- de spanning voor breuk na 100 000 uren
- de tijd voor breuk bij een bepaalde spanning (in het Engels: "creep life").

Indicatieve grenstemperaturen voor het optreden van kruip zijn:

- Mild steel: 400°C
- Low Allow Steel: 500°C
- Austenitic stainless steel: 600°C.

Een omhulling moet voldoende bestand zijn tegen de hoogste temperaturen die optreden bij de normale werking van de installatie. Dit betekent dat er ofwel geen kruip optreedt ofwel dat de kruip en bijhorende verouderingsverschijnselen zich voldoende traag manifesteren zodat ze kunnen opgevolgd worden en zodat de omhulling uit dienst kan genomen worden en vervangen voordat de levensduur van de omhulling beëindigd is.

D. Hydrostatische en hydrodynamische krachten

Een installatie-onderdeel moet bestand zijn tegen de krachten die optreden door het gewicht van de aanwezige stoffen. De normale werking wordt in dit geval gekenmerkt door de fase van de stoffen die aanwezig zijn (vloeistof, gas, vast) en hun hoeveelheden.

Een onderdeel dient eveneens bestand te zijn tegen de hydrodynamische krachten die optreden bij normale werking en die het gevolg zijn van de stroming van de vloeistoffen, gassen en poeders in de installatie.

Sterkteberekeningen moeten aantonen dat deze krachten bepaald werden en dat de installatie en haar ondersteuning ontworpen zijn om deze krachten op te vangen.

In het geval het onderdeel het voorwerp zal uitmaken van een waterdrukproef moet bij het ontwerp ook rekening gehouden worden met de hydrostatische en hydrodynamische krachten die hierbij worden uitgeoefend op het onderdeel.

E. Thermische spanningen

Een omhulling, zeker indien gemaakt van metaal, zal bij wisselende temperaturen krimpen en uitzetten. Dit kan voor thermische spanningen zorgen.

Het probleem van thermische spanningen is des te acuter als de temperatuursverandering beperkt blijft tot een deel van het onderdeel, of wanneer de temperatuursverandering in een bepaald deel veel sneller optreedt. Denk bijvoorbeeld aan een warmtewisselaar waar er een temperatuursverschil kan zijn, zeker bij opstart, tussen de verschillende zijden van het warmtewisselend oppervlak.

De omhulling moet bestand zijn tegen de thermische spanningen die optreden tijdens normaal bedrijf. Kenmerkend voor het normaal bedrijf zijn in dit geval de minimale en maximale temperaturen die optreden.

F. Aantasting door chemische stoffen

Een omhulling dient voldoende bestand te zijn tegen chemische aantasting door de aanwezige stoffen bij normale procesvoering. Hierbij wordt rekening gehouden met de meest ongunstige condities die verwacht worden. Zo moet men rekening houden dat de aantasting sterk kan toenemen bij hogere temperaturen of bij bepaalde concentraties die zich tijdens bepaalde fasen van de procesvoering kunnen voordoen.

Voldoende weerstand betekent dat er ofwel geen aantasting optreedt of dat deze aantasting voldoende traag verloopt zodat ze kan opgevolgd worden in de tijd en dat de omhulling tijdig kan hersteld worden of vervangen voordat de aantasting leidt tot een vrijzetting.

Een bedrijf dient materiaalspecificaties op te stellen voor alle componenten in functie van de stoffen waarmee ze (in ieder geval in normale omstandigheden) in contact komen. De gespecificeerde materialen dienen compatibel te zijn met de aanwezige stoffen.

G. Windbelasting en sneeuw- en ijsbelasting

De wind en het gewicht van sneeuw en ijs kunnen aanzienlijke krachten uitoefenen op een installatieonderdeel. De installatie moet ontworpen worden voor de meest extreme klimatologische condities die zich in een bepaald gebied kunnen voordoen.

De meest extreme klimatologische condities waarmee rekening wordt gehouden in het ontwerp moeten bepaald zijn. Via sterkteberekeningen moet aangetoond kunnen worden dat met de ermee overeenstemmende optredende krachten is rekening gehouden.

4.1.3 Risico's van vrijzetting bij afwijkende procescondities

We maken een onderscheid tussen drie verschillende oorzaken van ongewenste vrijzettingen die verband houden met afwijkende procescondities:

- beschadiging van de omhulling
- doorbraak via openingen naar de atmosfeer
- het ongewenst openen van de installatie.

A. Beschadiging van de omhulling

Hiervoor werd toegelicht dat de omhulling weerstand moet bieden aan de belastingen die op haar inwerken tijdens de normale werking van de installatie. Als er afgeweken wordt van de normale procesvoering, dan is het niet vanzelfsprekend meer dat de omhulling weerstand blijft bieden aan de invloeden die haar integriteit bedreigen. Het bestand maken van de omhulling tegen procescondities buiten het operationeel venster is één mogelijke optie om het proces te beveiligen. Een andere optie is om afwijkingen van de normale procesvoering te vermijden.

In ieder geval moeten de processtoringsgeïdentificeerd worden die aanleiding geven tot het overschrijden van de normale belasting op de omhulling. Meer concreet gaat het om die processtoringswaarden:

- de druk of temperatuur buiten het normale operationele venster komt te liggen
- de hydrostatische en hydrodynamische krachten groter worden dan deze waarmee bij normale werking rekening wordt gehouden
- de thermische spanningen groter worden dan deze bij normaal bedrijf
- een snelle chemische aantasting van de omhulling optreedt.

Afwijkingen van de normale procesvoering kunnen ook aanleiding geven tot belastingen die zich bij normale werking niet voordoen en waarvoor de

omhullingen dan ook niet ontworpen worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een vrachtwagen of treinwagon die vertrekt alvorens hij is afgekoppeld. De tijdelijke verbinding en de aansluiting met de vaste installatie is niet ontworpen om de krachten die hierbij optreden op te vangen.

B. Vrijzetting via uitgaande stromen

Voorbeelden van stromen naar de omgeving tijdens normaal bedrijf zijn:

- het afblazen van inerte gassen
- het ademen van atmosferische opslagtanks
- het afdelen van een waterige laag onderaan een tank.

In normaal bedrijf mag men veronderstellen dat dergelijke stromen geen gevaarlijke stoffen bevatten in hoeveelheden die een acuut gevaar vormen voor de mens en het milieu. Storingen in de bedrijfsvoering kunnen er echter voor zorgen dat via deze uitgaande stromen gevaarlijke stoffen worden vrijgezet.

Beschouw het voorbeeld van een scrubber die een gevaarlijke stof uit een afgasstroom verwijdert. Een vrijzetting kan optreden wanneer ten gevolge van een storing de scrubber er niet meer in zou slagen om de concentratie aan gevaarlijke stoffen in de afgasstroom beneden een veilige waarde te houden. De gevaarlijke stoffen zouden met andere woorden doorbreken via de afgasstroom uit de scrubber.

Een ander voorbeeld is dat van een uitgezakte waterige fase die onderaan een installatieonderdeel afgelaten wordt. Wanneer boven de waterige fase een vloeistoflaag met een gevaarlijk product aanwezig is, zal de gevaarlijke fase doorbreken als het afwateren niet tijdig wordt gestopt.

Het overvullen van een atmosferische tank waarbij er vloeistof uitstroomt via het ademventiel is tenslotte ook een voorbeeld waarbij een doorbraak plaatsvindt, namelijk van vloeistof via een uitgaande stroom die in normaal bedrijf gasvormig is.

C. Vrijzetting door het openen van de installatie

Heel wat installaties worden van tijd tot tijd geopend om operationele redenen.

Voorbeelden zijn:

- het loskoppelen van een flexibel
- het nemen van een staal
- het openen van een luik in een menger of reactor voor het manueel toedienen van stoffen.

Bij deze handelingen, waarbij de installatie doelbewust wordt geopend, kunnen stoffen vrijkomen indien het onderdeel niet eerst voldoende productvrij gemaakt werd.

Installaties kunnen ook accidenteel geopend worden. Voorbeelden zijn het accidenteel openen van een afsluiter in een leiding naar de omgeving of het beginnen werken aan een verkeerde leiding bij aanpassingswerken.

4.2 Maatregelen om vrijzettingen te vermijden

4.2.1 Ontwerpkeuzes van de omhullingen

A. Algemeen principe

Om een beschadiging van een omhulling als gevolg van een bepaalde afwijking in de procesvoering te vermijden, kan men ervoor kiezen de omhulling bestand te maken tegen de schadelijke invloed die de afwijking met zich meebrengt.

Van alle maatregelen om vrijzettingen door afwijkende procescondities te vermijden, staat deze mogelijkheid bovenaan in de preventiehiërarchie.

Eén van de meest voorkomende bedreigingen voor een omhulling is hoge druk. Wanneer als gevolg van een bepaalde afwijking van de normale procesvoering de druk hoger wordt dan de maximale operationele druk, kan men ervoor kiezen de omhulling bestand te maken tegen deze abnormale hoge druk. De weerstand van een omhulling tegen hoge druk is een minder eenvoudig en eenduidig begrip als op het eerste zicht zou lijken. We gaan er daarom hierna wat dieper op in.

B. De weerstand van een omhulling tegen hoge druk

Men zou de definitie kunnen hanteren dat een omhulling bestand is tegen een bepaalde druk indien de omhulling bij die druk het niet zal begeven. Deze definitie stelt echter praktische problemen. Het is immers lang niet evident om te voorspellen bij welke druk een omhulling het zal begeven. Deze vraag kan ook niet in absolute termen beantwoord worden, maar is een kwestie van waarschijnlijkheden. Hoe groter de druk wordt, hoe groter de kans op falen.

Een vat wordt ontworpen om weerstand te bieden aan een bepaalde opgegeven druk: de ontwerpdruk. In principe kan men na het ontwerp van het vat aan de hand van theoretische sterkteberekeningen (uitgaande van de exacte dimensies van het vat, materiaalkeuze, enz.) de zogenaamde maximaal toelaatbare werkingsdruk berekenen (die in principe hoger is dan de vooropgestelde ontwerpdruk). In vele gevallen wordt deze maximaal toelaatbare werkingsdruk echter niet berekend maar gelijkgesteld met de ontwerpdruk.

Het overschrijden van die ontwerpdruk (of van de maximaal aanvaardbare werkingsdruk) zal niet automatisch leiden tot het falen van het vat. De meeste ontwerpcodes (zoals uitgegeven door het American Petroleum Institute (API) en door de American Society of Mechanical Engineers (ASME)) vragen dat veiligheidskleppen of breekplaten de druk in het vat beperken tot 110% (en in geval van brand tot 121%) van de ontwerpdruk. Een tijdelijke overschrijding met 10% van de ontwerpdruk (en voor brandscenario's met 21%) is dus aanvaardbaar.

Drukvat worden bovendien bij indienstname getest bij nog hogere drukken dan de ontwerpdruk. Volgens de richtlijn drukapparatuur kan de testdruk oplopen tot 143% van de maximaal toelaatbare druk. Aangezien het drukvat deze druk succesvol moet doorstaan, kan aangenomen worden dat het vat –in zijn oorspronkelijke staat en bij de temperatuur waarbij de test wordt uitgevoerd– aan nog hogere drukken kan weerstaan. Wanneer de druk oploopt in een vat zal er in principe eerst vervorming optreden voordat er een verlies van insluiting optreedt.

Wat de uiteindelijke "barstdruk" is van het vat wordt in de praktijk niet bepaald. Deze barstdruk kan afnemen in de tijd als gevolg van allerlei degradatiemechanismen zoals corrosie, erosie, vermoeiing, enz. De barstdruk varieert ook in functie van de temperatuur.

Om op een consistente manier de risico's van overdruk te evalueren, is het nodig dat een onderneming duidelijke richtlijnen geeft aan de uitvoerders van risicoanalyses omtrent de effecten van overdruk op een omhulling. De Seveso-inspectiediensten zijn van mening dat men bij drukken hoger dan deze toegelaten bij het dimensioneren van de drukontlasting (d.w.z. 110% van de ontwerpdruk voor de meeste scenario's) moet uitgaan van een verlies van insluiting. Dit is in overeenstemming met de codes voor het ontwerpen van overdrukbeveiligingen. De testdruk is geen alternatief omdat deze enkel representatief is voor het vat in zijn oorspronkelijke staat en bij de testtemperatuur die vaak de omgevingstemperatuur is.

4.2.2 Controlemaatregelen

Controlemaatregelen houden het proces binnen de grenzen van de normale procesvoering. We kunnen een onderscheid maken tussen verschillende types van controlemaatregelen:

- regelkringen
- controlehandelingen
- mechanische controlemaatregelen.

Regelkringen werken volledig automatisch. Een bepaalde variabele wordt gemeten, dit signaal wordt verwerkt, meestal in een procescomputer of een PLC die een bepaald eindelement (meestal één of meerder kleppen) aanstuurt.

De term "controlehandelingen" gebruiken we voor alle handelingen die door mensen worden uitgevoerd als onderdeel van de normale bedrijfsvoering. Voorbeelden zijn:

- het manueel instellen van bepaalde variabelen (bijvoorbeeld een debiet)
- het aankoppelen van een vrachtwagen
- het toedienen van een bepaald product aan een mengvat.

Voorbeelden van mechanische controlemaatregelen zijn:

- specifieke koppelingen die een verkeerde aansluiting bij het lossen van een vrachtwagen moeten voorkomen

- stroombegrenzers die het debiet in een leiding beperken tot een bepaalde waarde
- ademventielen op een atmosferische tank
- drukreducerventielen.

4.2.3 Preventieve actieve maatregelen

Preventieve actieve maatregelen zijn maatregelen die in werking treden wanneer door één of andere storing het proces de grenzen van de normale bedrijfsvoering verlaat. Ze grijpen in op de keten van gebeurtenissen die uiteindelijk leidt tot een ongewenste vrijzetting. Daarom beschouwen we deze maatregelen als preventief. Deze maatregelen worden tevens "actief" genoemd omdat ze een specifieke actie verrichten als reactie op een bepaalde situatie.

Preventieve actieve maatregelen zijn maatregelen die aangesproken worden wanneer de normale controle het heeft laten afweten en ze hebben, in tegenstelling tot de controlemaatregelen, een exclusieve veiligheidsfunctie. In een goed ontworpen installatie met een adequaat controlesysteem zouden ze slechts zelden aangesproken mogen worden.

De meest voorkomende preventieve actieve maatregelen zijn:

- mechanische drukontlastingen
- instrumentele beveiligingen
- corrigerende menselijke acties.

We bespreken deze types van maatregelen hierna in meer detail.

A. Mechanische drukontlastingen

De mechanische drukontlastingssystemen die hier beschouwd worden, zijn systemen die gebruik maken van veiligheidskleppen of breekplaten. In zijn meest eenvoudige vorm bestaat een drukontlastingssysteem uit één veiligheidsklep of één breekplaat en eventueel uit een inlaatleiding en een uitlaatleiding. De inlaatleiding verbindt de te beschermen omhulling met de veiligheidsklep of breekplaat en de uitlaatleiding voert de stoffen die door de veiligheidsklep of breekplaat worden vrijgezet, af naar een veilige locatie of een opvangsysteem.

Een drukontlastingssysteem kan ook bestaan uit een breekplaat en een veiligheidsklep in serie of twee breekplaten in serie. Een serieschakeling van een breekplaat en een veiligheidsklep of van twee breekplaten moet steeds beschouwd worden als één enkele maatregel.

In een aantal gevallen staan er op een onderdeel meerdere veiligheidskleppen of breekplaten in parallel. Indien meerdere veiligheidskleppen of breekplaten vereist zijn om het maximale afblaasdebiet af te kunnen voeren, dan maken deze veiligheidskleppen of breekplaten deel uit van dezelfde maatregel. Men mag deze veiligheidskleppen of breekplaten niet afzonderlijk beschouwen

als maatregel omdat ze op zich niet volstaan om de overdruk voldoende te beperken.

Indien meerdere veiligheidskleppen of breekplaten geïnstalleerd zijn die ieder op zich voldoende afblaascapaciteit hebben, dan zijn deze veiligheidskleppen en breekplaten afzonderlijke maatregelen en zijn ze redundant opgesteld.

B. Instrumentele beveiligingen

Een instrumentele beveiliging bestaat uit de volgende onderdelen:

- één of meerdere meetelementen
- een beslissingsorgaan (typisch een PLC)
- één of meerdere eidelementen of actuatoren (typisch kleppen, elektrische motoren).

Het is van essentieel belang dat men dit geheel, de instrumentele beveiliging, een eenduidige naam geeft. Deze naam zal toelaten om de instrumentele beveiliging verder te specificeren, om testinstructies te schrijven, om de instrumentele beveiliging op te nemen in een inspectieprogramma en om het in en uit dienst nemen van beveiligingen gecontroleerd te laten verlopen.

De typische veiligheidsfunctie die een instrumentele beveiliging uitvoert, is het voorkomen dat een bepaalde parameter een bepaalde kritische waarde overschrijdt door het uitvoeren van een actie. Een andere mogelijkheid is het verhinderen van een bepaalde actie in functie van een bepaalde conditie, bijvoorbeeld het gesloten houden van een klep zolang een andere klep in open toestand is.

C. Correctieve menselijke acties

Onder correctieve menselijke acties verstaan we menselijke tussenkomsten die uitsluitend een veiligheidsfunctie vervullen. Meestal worden dergelijke tussenkomsten uitgevoerd als reactie op een alarm. In dergelijke gevallen is een correctieve menselijke actie gelijkaardig aan een instrumentele beveiliging, met dit belangrijke verschil dat bij een correctieve menselijke actie de beslissing om in te grijpen wordt genomen door een mens of dat bepaalde handelingen door een mens moeten verricht worden om de maatregel uit te voeren (bijvoorbeeld drukken op een noodstop of in de installatie een klep sluiten). Net zoals bij een instrumentele beveiliging is het belangrijk om een naam te geven aan het geheel dat de veiligheidsfunctie vervult en dat beschouwd kan worden als maatregel.

4.3 Identificatie van risico's van processtoringsen

4.3.1 Algemeen

Dit identificatieproces omvat de volgende onderdelen:

- het identificeren van processtoringsen die kunnen leiden tot een vrijzetting
- het bepalen van de effecten van de processtoringsen
- het identificeren van de vrijzettingen.

4.3.2 Identificeren van processtoringsen die kunnen leiden tot een vrijzetting

Voordat men kan starten met een onderzoek naar processtoringsen, m.a.w. naar afwijkingen van de normale procesvoering, moet men de grenzen van de normale procesvoering vastleggen en moet men zich verzekeren dat het proces binnen deze grenzen veilig verloopt.

De normale procesvoering wordt gekenmerkt door een boven- en een ondergrens voor procesparameters zoals:

- drukken
- temperaturen
- samenstellingen van mengsels
- debieten
- vloeistofniveau's of vullingsgraden
- draaisnelheden van roterende uitrusting (roerders, centrifuges, enz.)
- de duurtijd van bepaalde stappen of bewerkingen.

Sommige processen worden ook gekenmerkt door een welbepaalde volgorde van processtappen of handelingen.

De installatie moet uiteraard bestand zijn tegen de krachten die optreden binnen deze operationele grenzen. Men dient zich ervan te verzekeren dat de chemische reactieprocessen stabiel verlopen bij de variaties in de procesvoering, die men bij normale omstandigheden mag verwachten. De constructiematerialen moeten voldoende weerstand bieden tegen de degraderende fenomenen die binnen het operationeel venster kunnen optreden, zodat de veroudering en aantasting van de installatie voldoende traag verloopt om te kunnen beheersen via inspectie en onderhoud.

De operationele grenzen van een proces vallen meestal niet samen met de uiterste veilige grenzen van het proces. De overschrijding van de operationele grenzen leidt doorgaans niet onmiddellijk tot een gevaarlijke situatie, zodanig dat men nog enige tijd heeft om in te grijpen.

Bij de identificatie van de risico's van processtoringsen gaat men voor elk installatie-onderdeel na wat de mogelijke oorzaken en gevolgen zijn van een afwijking van de procesparameters die de normale

procesvoering kenmerken. Het is daarbij belangrijk om de maximale afwijking die kan optreden in beschouwing te nemen.

Hazop is een techniek die toelaat een dergelijk onderzoek op een zeer systematische en grondige manier uit te voeren. In een HAZOP-studie (Hazard and Operability) werkt men met een vaste, vooropgestelde set van procesparameters (druk, temperatuur, debiet, ...). Elk van deze parameters wordt gecombineerd met een aantal mogelijke afwijkingen (hoog, laag, omgekeerd, ...). Voor elke onderdeel dat onderzocht wordt, selecteert men de relevante parameters en combineert men deze met de relevante afwijkingen. Voor elke afwijkende procesparameter worden de oorzaken en de gevolgen bepaald.

Een HAZOP-sessie is een gestructureerde brainstormoefening. De kwaliteit van een HAZOP-studie is dus afhankelijk van de kennis en het inzicht van de deelnemers.

"What-if" is een ander voorbeeld van een brainstormmethode, die echter minder gestructureerd verloopt dan een HAZOP-studie.

Een andere werkwijze voor het identificeren van risico's van processtoringsen is het werken met checklists. Procesinstallaties zijn opgebouwd uit een aantal typische procesapparaten: reactoren, warmtewisselaars, distillatietorens, scrubbers, leidingen, drukvaten, opslagtanks, centrifuges, pompen, compressoren, enz. Elk van deze apparaten heeft zijn eigen veiligheidsproblemen. Deze zijn bekend en beschreven in de literatuur. Het boek "Guidelines for Design Solutions For Process Equipment Failures", een publicatie van de CCPS⁴, geeft voor verschillende types van procesapparaten een overzicht met operationele afwijkingen, mogelijke oorzaken van deze afwijkingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen.

Checklists met mogelijke storingsen (en eventueel met suggesties van oplossingen) voor de verschillende types van procesuitrusting kunnen een waardevol hulpmiddel zijn bij het identificeren van risico's van processtoringsen. Via dergelijke checklijsten kan men kennis en ervaring, zowel opgedaan binnen als buiten het bedrijf, ter beschikking stellen van de uitvoerders van de risicostudie.

Brainstormmethodes en het gebruik van checklists zijn erg complementair. Het voordeel van checklists is dat men heel gericht op zoek gaat naar gekende risico's. Checklists laten toe om relatief snel en gericht de meest courante problemen te identificeren. Ze kunnen ook gebruikt worden bij het ontwerpen van nieuwe installaties op een ogenblik dat nog niet alle details van het ontwerp gekend zijn. Het nadeel van checklijsten is dat ze meestal niet alle risico's vermelden die in de te onderzoeken installatie kunnen opduiken. Specifieke risico's die eigen zijn aan de te onderzoeken installaties kunnen bij het afpunten van een checklist gemist worden.

De voordelen van een brainstormmethode zoals HAZOP zijn de diepgang en de grondigheid van het

⁴ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers

onderzoek, en de mogelijkheid om minder voor de hand liggende risico's op te sporen. Het identificeren en bespreken van risico's in een multidisciplinaire groep dragen bovendien in belangrijke mate bij tot een uitwisseling van ervaringen en het verhogen van het bewustzijn omtrent de procesrisico's onder de deelnemers. HAZOP is echter een techniek die vooral geschikt is om uit te voeren op het einde van het ontwerpproces, wanneer de proces- en instrumentatiediagrammen zo goed als definitief zijn. Om te vermijden dat men op dat ogenblik nog heel wat wijzigingen moet uitvoeren aan het ontwerp, heeft men er alle voordeel bij al vroeger in het ontwerp de belangrijkste risico's op te sporen en de nodige maatregelen te voorzien. Checklists kunnen gebruikt worden om dergelijke onderzoeken te ondersteunen.

4.3.3 Het bepalen van de effecten van de processtorings

Zoals hiervoor reeds besproken, kunnen storings leiden tot vrijzettingen op verschillende manieren:

- door een beschadiging van de omhulling
- door een doorbraak in uitgaande stromen
- door het openen van de installatie.

Het ligt niet altijd voor de hand of een storing leidt tot een lek of breuk van een omhulling. In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn om de condities van druk en temperatuur als gevolg van de processtoring kwantitatief te bepalen.

Als er schade optreedt aan de omhulling kan die verschillende vormen aannemen: van een beperkt lek (bv. aan een pakking), een gat (bv. als gevolg van corrosie), een scheur, een breuk tot het catastrofaal en explosief falen van de omhulling.

Het is belangrijk om de schade aan de omhulling zo goed mogelijk te omschrijven, ook al is het niet altijd mogelijk om precieze voorspellingen te maken. In dat geval is het aangewezen om zich conservatief op te stellen.

Het is ook mogelijk dat er voor bepaalde scenario's geen schade verwacht wordt, bijvoorbeeld omdat de omhulling verondersteld wordt bestand te zijn tegen de druk en de temperatuur die kunnen optreden als gevolg van dat scenario. In dergelijke gevallen is het belangrijk dat men de reden voor het niet optreden van schade goed documenteert.

Hiervoor werden enkele beschouwingen gegeven over de weerstand van een omhulling tegen druk. We herhalen hier dat het voor een consistente beoordeling van de effecten aangewezen is duidelijke richtlijnen op te stellen binnen de onderneming. De Seveso-inspectiediensten zijn van oordeel dat men bij het overschrijden van 110% van de ontwerpdruk van een omhulling moet rekening houden met een verlies van insluiting.

Sommige analisten zijn geneigd om bij beperkte overdrukken (d.w.z. drukken groter dan de ontwerpdruk) een beperkt lek te veronderstellen. Men redeneert dat de installatie eerst op de zwakste plaats zal falen, bijvoorbeeld aan een pakking. Men

mag echter niet uit het oog verliezen dat een klein lek onvoldoende kan zijn om de overdruk af te laten en dat het dus zeer aannemelijk is dat een bepaalde opening zal blijven groeien zolang hiervoor voldoende drijvende kracht aanwezig is.

4.3.4 Identificatie van de vrijzetting

Om de potentiële ernst van de processtoring in te schatten, moet in de eerste plaats bepaald worden welke stoffen worden vrijgezet, in welke hoeveelheden en binnen welke tijdsperiode.

Of het nodig is om nog verdere gebeurtenissen te identificeren, is afhankelijk van de manier waarop het risico van de processtorings zal geëvalueerd worden. We komen hier verder op terug.

Merk op dat een verdere uitwerking van de gevolgen om schadebeperkende maatregelen te specificeren hier niet aan de orde is. Dit komt aan bod bij de behandeling van de verschillende schadebeperkende veiligheidsfuncties van de installatie.

4.4 Evaluatie van de risico's en het specificeren van maatregelen

4.4.1 Algemene principes

Voor een bepaalde processtoring die aanleiding geeft tot een grotere belasting dan normaal zijn er twee beveiligingsstrategieën mogelijk:

- ofwel maakt men de omhulling inherent veilig, door ze bestand te maken tegen de abnormale belasting
- ofwel neemt men maatregelen om het optreden van de abnormale belasting te voorkomen door middel van preventieve actieve maatregelen.

De keuze om de omhulling inherent veiliger te maken geniet de voorkeur, maar is technisch of economisch niet altijd haalbaar.

Processtorings die aanleiding geven tot een doorbraak of het accidenteel openen van de installatie worden typisch met controlemaatregelen en met preventieve actieve maatregelen beheerst.

4.4.2 Weerstand van de omhulling

Wanneer men een omhulling bestand maakt tegen een bepaalde belasting die kan optreden bij een processtoring, bijvoorbeeld een hoge druk of een lage temperatuur, dan mag men ervan uitgaan dat de kans op een vrijzetting hiermee voldoende is teruggedrongen wanneer voldaan is aan drie voorwaarden.

De eerste voorwaarde is dat de maximaal toelaatbare werkingscondities waarvoor het toestel ontworpen is, niet overschreden worden.

Ten tweede dient het toestel ontworpen, geconstrueerd en getest te zijn in overeenstemming met de gangbare reglementering (zoals de richtlijn drukapparatuur) en met algemeen aanvaarde ontwerpstandaarden. Deze voorwaarde geldt uiteraard voor alle omhullingen.

Ten derde moet men verzekeren dat de omhulling tijdens het gebruik de nodige weerstand blijft behouden. Hiertoe moeten aantasting, slijtage en degradatie van de omhulling worden opgevolgd. Dit maakt het voorwerp uit van de veiligheidsfunctie "Beheersen van de degradatie van de omhullingen" die we bespreken in het volgende hoofdstuk.

4.4.3 Preventieve actieve maatregelen

A. Voorkeur voor automatisch werkende maatregelen

Indien men kiest voor preventieve actieve maatregelen om de risico's van processtoringen te beheersen, dan gaat de voorkeur naar automatische maatregelen, zoals instrumentele beveiligingen en mechanische drukontlastingen, boven maatregelen die een menselijke tussenkomst vereisen.

De reden hiervoor is dat automatische maatregelen intrinsiek betrouwbaarder zijn dan menselijke tussenkomsten. Bij menselijke tussenkomsten stelt zich bovendien vaak het probleem van onafhankelijkheid, dat we hierna verder behandelen.

De voorkeur voor automatische maatregelen is ook opgenomen in de wet op het welzijn. Het inperken van de risico's op een ernstig letsel door het nemen van materiële maatregelen met voorrang op iedere andere maatregel, is een algemeen preventiebeginsel dat in artikel 5 van de wet wordt geformuleerd.

B. Onafhankelijkheid

Algemeen principe

Bij de keuze van preventieve maatregelen is het belangrijk om de onafhankelijkheid van de maatregelen onderling te verzekeren evenals de onafhankelijkheid van de oorzaken van de processtoring die men wil beheersen.

Twee maatregelen zijn onafhankelijk wanneer er geen gemeenschappelijke fouten kunnen optreden die beide maatregelen gelijktijdig kunnen uitschakelen.

Instrumentele beveiligingen

Als de instrumentele beveiliging geactiveerd kan worden als gevolg van de faling van een meetelement dat deel uitmaakt van een regelkring, dan mag dit meetelement geen deel uitmaken van die instrumentele beveiliging. Een faling van die meting zou immers de gevaarlijke situatie, waarte-

gen de beveiliging moet optreden, kunnen veroorzaken en tegelijkertijd de goede werking van deze beveiliging verhinderen.

Niet alleen moeten beide metingen verschillend zijn, het zou ook geen blijk geven van goede praktijk indien men beide metingen zou plaatsen op dezelfde aftakking. Bij verstopping van die aftakking raken dan beide metingen defect.

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een beslissingsorgaan (bv. een DCS-systeem), dan mag datzelfde controleorgaan in principe geen deel uitmaken van de beveiliging.

In praktijk betekent dit dat afzonderlijke beslissingsorganen gebruikt worden voor controle en beveiliging.

Bepaalde ondernemingen integreren toch controle-systemen en beveiligingssysteem, ondanks het feit dat dit indruist tegen tal van standaarden en aanbevelingen op dit vlak (met inbegrip van IEC61511 en IEC61508). Dergelijke ondernemingen moeten dan zelf kunnen aantonen (aan de hand van een uitgebreid onderzoek) dat de kansen op gemeenschappelijke fouten in de controle- en beveiligingssystemen voldoende werden teruggedrongen.

Ook op het niveau van de eidelementen moet de onafhankelijkheid van de instrumentele beveiliging gerespecteerd worden. Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een eidelement (bv. een klep die blokkeert in een bepaalde positie), dan mag datzelfde eidelement geen deel uitmaken van de beveiliging.

Veiligheidskleppen

Problemen met afhankelijkheid stellen zich ook bij veiligheidskleppen. Twee veiligheidskleppen op hetzelfde vat zijn blootgesteld aan dezelfde procescondities en hebben dus in dezelfde mate af te rekenen met corrosie, vervuiling, verstopping of het vastkleven van de klep. De kans dat beide kleppen hierdoor tegelijkertijd niet meer correct werken (niet of bij een te hoge druk openen) is dus niet verwaarloosbaar. Die kans is nog groter wanneer de veiligheidskleppen een gemeenschappelijke inlaatleiding delen.

Veiligheidskleppen kunnen ook nog andere gemeenschappelijke faaloorzaken hebben. Oorzaken die te maken hebben met veiligheidskleppen zijn bijvoorbeeld:

- het onderhoud (zoals een verkeerde afstelling)
- bij de manipulatie (zoals onvoorzichtig, ruw transport waardoor de instellingen wijzigen)
- fouten in de berekening (zoals een verkeerde inschatting van het af te blazen debiet of een verkeerde berekening van de vereiste doorlaat).

Correctieve menselijke handelingen

Bij correctieve menselijke acties wordt op een operator gerekend om in te grijpen in geval van

een processtoring. Als die storing het gevolg kan zijn van een foute controlehandeling van diezelfde operator, dan is de correctieve menselijke handeling geen onafhankelijke beschermingslaag voor die processtoring.

Verder gelden de beschouwingen over de onafhankelijkheid van metingen en van eidelementen die gemaakt werden bij instrumentele beveiligingen ook voor de metingen gebruikt voor alarmen en voor de eidelementen die bediend moeten worden door de operator.

C. Diversificatie

Het voorzien van meerdere maatregelen die gebruik maken van een verschillende technologie vermijdt het optreden van gemeenschappelijke fouten, een probleem dat hiervoor reeds werd aangekaart.

Een goed voorbeeld van diversificatie is het beveiligen van een risico van overdruk door een instrumentele beveiliging en door een mechanische overdrukbeveiliging.

D. Voldoende risicoreductie

Betrouwbaarheden en risicoreductiefactoren

Preventieve actieve maatregelen zijn maatregelen die aangesproken worden wanneer de normale controle het heeft laten afweten en het proces dus buiten de normale werkingsparameters treedt. Preventieve actieve maatregelen hebben een exclusieve veiligheidsfunctie en zouden, in een goed ontworpen installatie, slechts zelden aangesproken mogen worden.

De betrouwbaarheid van dergelijke beveiligingsmaatregelen wordt dan ook uitgedrukt als de kans op falen bij aanspreking. De Engelse term hiervoor is "probability of failure on demand", afgekort als "PFD". Een PFD van 0,1 betekent dat de kans dat de maatregel niet werkt wanneer hij wordt aangesproken 1 op 10 is. Gemiddeld zal de beveiliging 1 keer niet werken per 10 keren dat zij aangesproken wordt. Het omgekeerde van de PFD is de risicoreductiefactor. Een maatregel met een PFD van 0,01 zal het optreden van de ongewenste gebeurtenis terugdringen met een factor 100.

In het hiernavolgende voorbeeld zullen we de relatie illustreren tussen enerzijds de betrouwbaarheid van de maatregelen en anderzijds de kans op een vrijzetting.

Veronderstel een reactor waarin door een verkeerd voedingsdebiet de druk kan oplopen tot een waarde waarbij de reactor het begeeft. Stel dat de kans op het optreden van een verkeerd voedingsdebiet wordt geschat op 1 keer om de 10 jaar (als gevolg van een fout in de regelkring voor het debiet). Dat betekent dus dat 1 keer om de 10 jaar de druk zal oplopen als gevolg van een verkeerd voedingsdebiet. Zonder verdere maatregelen zou 1 keer om de 10 jaar het falen van de reactor mogen verwacht worden als gevolg van een verkeerd voedingsdebiet. Stel dat men een veiligheidsklep heeft voorzien die voldoende groot werd gedimen-

sioneerd om de overdruk te beperken tot aanvaardbare waarden. Veronderstel verder dat de PFD van de veiligheidsklep werd geschat op 0,01 (risicoreductiefactor 100). Dit wil zeggen dat als de klep 100 keer wordt aangesproken, ze gemiddeld 1 maal niet zal werken (geblokkeerd, verkeerd afgesteld, geïsoleerd van het proces door een handventiel, ...). De kans op een faling van de reactor als gevolg van een verkeerd voedingsdebiet werd door het toevoegen van de veiligheidsklep gereduceerd met een factor 100 tot 1 keer om de 1000 jaar.

De risicoreductiefactoren van onafhankelijke maatregelen die eenzelfde gebeurtenis voorkomen mogen (bij wijze van benadering) worden gecombineerd.

Stel dat men in het voorbeeld van de reactor een bijkomende maatregel voorziet om overdruk ten gevolge van een verkeerd voedingsdebiet te voorkomen: een instrumentele beveiliging die bij een te hoog voedingsdebiet de voeding naar de reactor afsluit. Stel dat deze beveiliging een PFD-waarde heeft van 0,05 (risicoreductiefactor 20). Om te komen tot een breuk van de reactor ten gevolge van een te hoog voedingsdebiet zijn nu de volgende gebeurtenissen nodig:

- falen van de debietscontrole (1 maal om de 10 jaar)
- falen van de instrumentele beveiliging (1 keer per 20 aansprekingen)
- falen van de veiligheidsklep (1 keer op 100 aansprekingen).

De debietsregelaar zal 1 keer om de 10 jaar falen, waarbij de instrumentele beveiliging zal worden aangesproken. De kans dat die faalt is 0,05. Gemiddeld 1 keer in de 200 jaar zal het voedingsdebiet te hoog worden door een falen van de debietsregelaar en de falende instrumentele beveiliging en zal de veiligheidsklep worden aangesproken. De kans dat die veiligheidsklep ook niet zou werken is 1 op 100. De kans op een breuk van de reactor door een falende debietsregelaar is daarmee teruggebracht tot 1 op 20.000 jaar (ofwel een kans van 0,00005 per jaar). Het gezamenlijk risicoreducerend vermogen van de twee preventieve actieve maatregelen, de instrumentele beveiliging en de veiligheidsklep, bedraagt dus 20 (risicoreductiefactor van de instrumentele beveiliging) maal 100 (risicoreductiefactor van de veiligheidsklep), dus 2000.

De betrouwbaarheid van veiligheidskleppen

De faalkans van veiligheidskleppen (en breekplaten) wordt doorgaans eerder als een gegeven beschouwd dan als een variabele die door het ontwerp en de inspectiefrequentie binnen bepaalde grenzen kan gestuurd worden (hetgeen bijvoorbeeld wel het geval is met instrumentele beveiligingen).

Zeer uiteenlopende waarden voor de PFD's van veiligheidskleppen worden gebruikt. In "Layer of protection analysis – simplified process risk assessment" (een publicatie van de CCPS) geeft men aan dat de waarden in de literatuur en gebruikt in de industrie variëren tussen 10^{-1} en 10^{-5} .

Het gebruik van al te optimistische PDF-waarden dient met grote voorzichtigheid te gebeuren. Men dient niet alleen rekening te houden met een mogelijke slechte werking van de drukontlasting maar ook met de mogelijkheid dat de drukontlasting verkeerd werd gedimensioneerd. Fouten bij de dimensionering kunnen niet alleen het gevolg zijn van rekenfouten, maar ook van onzekerheden in de gebruikte wiskundige modellen en in de veronderstellingen die gemaakt werden bij het berekenen van de af te blazen debieten.

Conservatieve waarden voor de betrouwbaarheid van veiligheidskleppen en breekplaten, die door verschillende bedrijven gehanteerd worden, zijn van de volgende grootteorden:

- 1/100 voor drukontlastingen in een zuivere omgeving
- 1/10 voor drukontlastingen in een vervuilde omgeving.

De betrouwbaarheid van een veiligheidsklep kan bepaald worden op basis van de zogenaamde "pop testen" die men uitvoert nadat de klep uit de installatie is uitgebouwd en voordat de veiligheidsklep een onderhoudsbeurt krijgt. De waarden voor de betrouwbaarheid die men in de risico-evaluatie aanneemt kan men dus aftoetsen aan de empirische bevindingen van de "pop testen".

In het geval dat een houder wordt beveiligd door meerdere (redundante) veiligheidskleppen, zou men rekening moeten houden met gemeenschappelijke fouten. Door de aanwezigheid van gemeenschappelijke fouten zou een vermenigvuldiging van de reductiefactoren een te optimistische waarde geven. In betrouwbaarheidsberekeningen kan de onderlinge afhankelijkheid van maatregelen in rekening worden gebracht via de zogenaamde β -factor. De β -factor is een kwantitatieve maat voor de afhankelijkheid die gebruikt wordt in formules voor het berekenen van de betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen. Deze formules kunnen ook toegepast worden om de faalkans van parallelle schakelingen van veiligheidskleppen of breekplaten te berekenen. Voor kleppen die in parallel staan, kan de β -factor oplopen tot 20%.

In het geval van 2 redundante veiligheidskleppen moeten de formules voor een "1 out of 2"-opstelling gebruikt worden. Meer algemeen kan men stellen: indien n kleppen geplaatst werden waarvan er m nodig zijn om het vereiste debiet te leveren, moeten de formules van een " m out of n "-configuratie gebruikt worden.

De betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen

In tegenstelling tot andere maatregelen heeft men de betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen redelijk goed in de hand. De betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen wordt in hoofdzaak bepaald door: de architectuur, de faalkans van de gebruikte componenten (meetinstrumenten, kleppen, PLC's, ...), de mate van zelfdiagnose, het inspectie-interval. Op basis van deze elementen kan men de PFD van een instrumentele beveiliging berekenen. Waarden voor de PFD van 0,001 en kleiner behoren tot de mogelijkheden. Uiteraard nemen de kost en de complexiteit van een instru-

mentele beveiliging toe naarmate de betrouwbaarheid groter wordt.

De betrouwbaarheid van correctieve menselijke acties

Onderstaande tabel geeft enkele richtwaarden voor de kans op falen van een eenvoudige welomschreven actie in functie van enkele voorwaarden (overgenomen uit "Layer Of Protection Analysis – Simplified Process Risk Assessment", een uitgave van CCPS).

Tabel 4.1: Richtwaarden voor de kans op falen van een actie

Voorwaarden	Typische PFD-waarden in de literatuur
<ul style="list-style-type: none"> • duidelijke en betrouwbare indicatie dat actie vereist is • 10 minuten om te reageren en actie uit te voeren • adequate instructies, opleiding en training 	1 à 0,1
<ul style="list-style-type: none"> • reactie op een alarm van het controlesysteem • 40 minuten tijd om te reageren en actie uit te voeren • adequate instructies, opleiding en training 	0,1
<ul style="list-style-type: none"> • duidelijke en betrouwbare indicatie dat actie vereist is • 40 minuten tijd om te reageren en actie uit te voeren • adequate instructies, opleiding en training 	0,1 à 0,01

Verzekeren van voldoende risicoreductie

Hiervoor hebben we aangetoond dat de kans op een ongewenste vrijzetting in mindere of meerdere mate teruggedrongen kan worden al naargelang het aantal onafhankelijke en effectieve maatregelen dat we nemen en naargelang de individuele betrouwbaarheid van de betrokken maatregelen. Die betrouwbaarheid kan sterk variëren al naargelang het type van maatregel. De betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen hebben we het best onder controle en kunnen we numeriek inschatten op basis van gegevens over het ontwerp en de inspectiefrequentie.

De mate waarin de kans op vrijzetting als gevolg van een bepaalde processtoring wordt teruggedrongen door actieve maatregelen mag niet aan het toeval worden overgelaten, maar moet het resultaat zijn van een welbepaalde strategie die een voldoende en consistente risicoreductie oplevert, in verhouding tot de ernst van de te vermijden vrijzetting.

Er zijn verschillende manieren van aanpak mogelijk:

- het kwantitatief bepalen van de vereiste risicoreductie
- het hanteren van kwalitatieve beslissingscriteria
- duidelijk conservatief werken.

Men kan de vereiste risicoreductie voor een bepaalde processtoring kwantitatief bepalen. Dit kan gebeuren aan de hand van de techniek "LOPA" ("Layers of Protection Analysis"). Dit veronderstelt dat men een bepaalde richtfrequentie vooropstelt voor het optreden van de ongewenste vrijzetting in kwestie (of voor één of meerdere van de verdere vervolgebeurtenissen) als gevolg van de storing. Op basis van de kans van optreden van de processtoring kan men dan bepalen welke risicoreductie vereist is om de kans op de eindgebeurtenis niet te overschrijden. We behandelen deze aanpak uitgebreid in de volgende sectie. Het grote voordeel van LOPA is dat alle elementen van de evaluatie expliciet worden benoemd en gekwantificeerd. Dit levert een duidelijke, transparante en goed gedocumenteerde evaluatie op.

Een tweede aanpak bestaat erin om het risico van de processtoring in te delen in een risicoklasse (op basis van de ernst, eventueel in combinatie met de kans op optreden en andere factoren). De bekomen risicoklasse geeft dan een aantal kwalitatieve criteria waaraan de beveiligingen moeten voldoen. Deze criteria moeten voldoende precies zijn om grote variaties in het veiligheidsniveau te vermijden. Deze methode was vooral in gebruik voordat de betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen numeriek werd bepaald. De risicoklassen werden gekoppeld aan bepaalde beveiligingsklassen, die bepaalde type-architecturen en standaard inspectiefrequenties oplegden aan de instrumentele beveiligingen. Met deze methodes werd in bepaalde gevallen zeer degelijke, conservatieve resultaten bereikt, maar anderzijds mist de indeling in risicoklassen vaak de transparantie en duidelijkheid die eigen zijn aan een LOPA-analyse.

Een nadeel van de risicomatrix is dat men geneigd kan zijn een bepaalde storing in te delen in een risicoklasse, zonder dat men duidelijk documenteert welke eindgebeurtenis werd beschouwd om de ernst te bepalen, welke andere maatregelen hierbij al dan niet in rekening werden gebracht en zonder dat de indeling in een bepaalde waarschijnlijkheidsklasse wordt gemotiveerd.

Tenslotte kan een bedrijf ervoor kiezen om duidelijk conservatief te werken. Deze aanpak kan een oplossing zijn voor bedrijven die over weinig instrumentele beveiligingen beschikken en waar de risico's relatief eenvoudig zijn. Denk aan de situatie van een bedrijf met één of meerdere identieke opslagtanks uitgerust met een overvulbeveiliging. Voor dergelijke bedrijven kunnen de middelen vereist voor het ontwikkelen van de beslissingscriteria (kwalitatief of kwantitatief) niet in verhouding staan tot het aantal toepassingen van die criteria. Dergelijke bedrijven kunnen deze middelen beter gebruiken voor het plaatsen van beveiligingen met een hoge betrouwbaarheid.

4.4.4 LOPA

A. Basisprincipes van LOPA

LOPA staat voor "Layer of Protection Analysis". Een goede introductie tot deze techniek vindt men in het boek "Layer of Protection Analysis, Simplified Process Risk Assessment", een uitgave van het Center for Chemical Process Safety.

Bij een evaluatie aan de hand van LOPA wordt de waarschijnlijkheid van een bepaalde gebeurtenis (de zogenaamde eindgebeurtenis) berekend en vergeleken met een vooropgestelde aanvaardbare waarschijnlijkheid, verder de richtfrequentie genoemd. Indien de berekende waarschijnlijkheid groter is dan de richtfrequentie, moeten bijkomende maatregelen getroffen worden of moet de betrouwbaarheid van de reeds voorziene maatregelen verhoogd worden opdat de nieuwe berekende waarschijnlijkheid kleiner of gelijk wordt dan de richtfrequentie.

De berekening start met de kans van optreden van de begin-gebeurtenis. Deze wordt uitgedrukt in het aantal keer per jaar dat deze gebeurtenis geacht wordt zich voor te doen. Als de initiële gebeurtenis direct het gevolg is van het falen van een controlemaatregel, dan wordt de kans op optreden van de initiële gebeurtenis gelijkgesteld met de faalkans van de controlemaatregel.

Vervolgens vermenigvuldigt men deze initiële frequentie met de betrouwbaarheden van de preventieve actieve maatregelen (uitgedrukt als PFD's). Het resultaat is de kans dat de eindgebeurtenis zich voordoet. Voor de volledigheid vermelden we dat het in bepaalde gevallen nodig kan zijn de aanwezigheid van bepaalde condities, die het optreden van de begin-gebeurtenis (of een tussenliggende gebeurtenis) mogelijk maken, in rekening te brengen. Dit zijn de zogenaamde "enabling conditions". We verwijzen naar de literatuur voor meer details.

In het voorbeeld van de reactor dat hiervoor werd gegeven om het probleem van de risicoreductie te duiden, werd in feite een LOPA-analyse uitgevoerd.

Een maatregel mag men slechts in rekening brengen voor het reduceren van de waarschijnlijkheid op voorwaarde dat de maatregel er ook effectief in kan slagen om de eindgebeurtenis te voorkomen. Als men bijvoorbeeld rekent op een veiligheidsklep om het falen van een vat door overdruk te voorkomen, dan mag dat alleen voor die oorzaken van overdruk waarvoor men door middel van berekeningen kan aantonen dat de veiligheidsklep correct gedimensioneerd werd om de overdruk te beperken tot aanvaardbare waarden. Voor sommige acties die uitgevoerd worden door instrumentele beveiligingen is het niet vanzelfsprekend dat ze voldoende tijdig worden uitgevoerd en dat de actie er ook in zal slagen om de ongewenste gebeurtenis te voorkomen. Hetzelfde kan gezegd worden over correctieve menselijke acties.

Een tweede voorwaarde voor het in rekening brengen van de risicoreductiefactor van een maatregel is dat de maatregel niet mag uitgeschakeld

worden door de oorzaak van het probleem. Beschouw het voorbeeld van een reactor waarin ten gevolge van het wegvallen van de menging een overmatige warmteproductie kan ontstaan. Als maatregel wil men een instrumentele beveiliging voorzien die bij het bereiken van een hoge druk of temperatuur in de reactor een reactiestopper ("killing agent") toevoegt om de reactie te beëindigen. De vraag moet dan gesteld worden of bij het wegvallen van de menging de reactiestopper wel voldoende verspreid kan worden in de productmassa om de reactie effectief stop te zetten.

Het combineren van verschillende maatregelen (en dus het vermenigvuldigen van de risicoreductiefactoren) mag uitsluitend wanneer de betrokken maatregelen onderling onafhankelijk zijn. Twee maatregelen zijn onafhankelijk wanneer er geen gemeenschappelijke fouten kunnen optreden die beide maatregelen gelijktijdig kunnen uitschakelen.

Het berekenen van de frequentie en het vooropstellen van aanvaardbare waarschijnlijkheden heeft LOPA gemeen met de klassieke kwantitatieve risico-evaluatiemethoden (QRA). LOPA voert een zeer belangrijke vereenvoudiging door, met name door uitsluitend scenario's met een enkelvoudige oorzaak te berekenen. Men berekent dus de waarschijnlijkheid dat een eindgebeurtenis zich voordoet als gevolg van één enkele oorzaak, de zogenaamde initiële gebeurtenis.

Door zich te beperken tot enkelvoudige scenario's omzeilt LOPA de nadelen van de kwantitatieve foutenboomanalyse. Het opstellen van een allesomvattende en correcte foutenboom (geschikt voor het uitvoeren van berekeningen) is zeer moeilijk en tijdrovend. Dergelijke foutenbomen worden ook snel zeer groot en onoverzichtelijk. De berekening van de waarschijnlijkheid van de topgebeurtenis is een zware wiskundige oefening, in het bijzonder wanneer verschillende oorzaken en maatregelen in de boom identiek of afhankelijk zijn.

B. Keuze van de eindgebeurtenis

Bij het evalueren van risico's worden vaak de ernst en de waarschijnlijkheid ingeschat van de uiteindelijke schade (aan mensen, aan het milieu, de economische schade). Ook in LOPA is het mogelijk als eindgebeurtenis te kiezen voor de uiteindelijke schade.

Er zijn echter een aantal goede redenen om de evaluatie uit te voeren op de vrijzetting eerder dan op de uiteindelijke schadegevallen die er het gevolg van kunnen zijn.

Vermijden van de complexiteit van gebeurtenissen na de vrijzetting

Om een enkelvoudig scenario te berekenen, moeten alle schakels tussen de initiële gebeurtenis en de eindgebeurtenis gekend zijn. Het is duidelijk dat de keten van een initiële gebeurtenis tot een vrijzetting korter is dan de keten van de initiële gebeurtenis tot de uiteindelijke schade. Tussen een vrijzetting en de uiteindelijke schade moeten immers heel wat tussenliggende gebeurtenissen geïdentificeerd worden. Bijvoorbeeld, voordat de

vrijzetting van een ontvlambare stof aanleiding geeft tot slachtoffers, moet eerst een explosieve atmosfeer gevormd worden, moet deze explosieve atmosfeer een ontstekingsbron vinden, moeten mensen aanwezig zijn en in voldoende mate blootgesteld worden aan de vlammen of de drukgolf als gevolg van de explosie. Wil men dus de waarschijnlijkheid bepalen van de eindgebeurtenis "dodelijk slachtoffer", dan moet de waarschijnlijkheid van al deze tussenliggende gebeurtenissen bepaald worden. Dit maakt het evaluatiewerk een stuk zwaarder. Niet alleen moet men alle tussenliggende schakels identificeren, men moet er ook zinvolle waarschijnlijkheden kunnen aan toewijzen. Fenomenen die zich voordoen na de vrijzetting zijn minder gecontroleerd en grilliger dan fenomenen die zich voordoen in de installatie (vóór de vrijzetting dus). Het is dus veel moeilijker om zinvolle waarschijnlijkheden toe te wijzen aan gebeurtenissen na de vrijzetting dan aan gebeurtenissen voor de vrijzetting.

Bovendien moet men ook rekening houden met de maatregelen die op deze gebeurtenissen inspelen, zoals bijvoorbeeld het gebruik van explosieveilig materiaal, blussystemen, evacuatiemogelijkheden, enz. De waarschijnlijkheid en effectiviteit van dergelijke schadebeperkende maatregelen zijn veel moeilijker in te schatten dan maatregelen die een vrijzetting proberen te voorkomen. Elke schadebeperkende maatregel zorgt bovendien voor een opsplitsing in de gevolgenboom na de vrijzetting. Men dient immers zowel rekening te houden met het goed functioneren als met het slecht of niet functioneren van de maatregel. In beide gevallen zal er immers schade zijn.

Voor elke vrijzetting zijn er een groot aantal mogelijke finale schadegevallen in functie van het al dan niet optreden van bepaalde fenomenen en het al dan niet werken van schadebeperkende maatregelen. Bovendien kan men de schadegevallen differentiëren in functie van de aard van de schadedrager (mens, milieu, economie). In plaats van al deze schadegevallen afzonderlijk te evalueren, kan men zich beperken tot de evaluatie van de vrijzetting. Bij het toekennen van de richtwaarde voor de vrijzetting kan men rekening houden met alle potentiële gevolgen voor mens, milieu en economie.

Vermijden van afwegingen van preventie versus schadebeperking

Er zijn echter niet alleen praktische problemen verbonden aan het evalueren van finale schadegevallen. Er stellen zich ook problemen met het gebruik van de resultaten.

Het incalculeren van schadebeperkende maatregelen kan tot vreemde conclusies leiden. Stel dat men voor alle initiële oorzaken beneden de richtfrequentie van de eindgebeurtenis kan blijven door middel van preventieve maatregelen. De berekende waarschijnlijkheid van de vrijzetting is in dat geval dus reeds kleiner dan de richtfrequentie van de uiteindelijke schade. Men zou dan kunnen concluderen dat schadebeperkende maatregelen eigenlijk niet nodig zijn. In de praktijk worden schadebeperkende maatregelen (zoals inkuipingen, blussystemen, evacuatiewegen, eerstehulpvoorzie-

ningen, enz.) echter altijd voorzien, ongeacht de waarschijnlijkheid van vrijzetting. De aanwezigheid van dergelijke maatregelen volgt uit de toepassing van codes van goede praktijk en specifieke reglementaire voorschriften.

Ook de omgekeerde redenering kan gemaakt worden. Door het nemen van extra schadebeperkende maatregelen kan men minder preventieve maatregelen nemen om dezelfde eindfrequentie te bekomen. Men zou dan kunnen concluderen dat het optreden van vrijzettingen beter kan aanvaard worden wanneer er meer schadebeperkende maatregelen aanwezig zijn. Ook die conclusie is in strijd met de goede praktijk in de procesindustrie. Door gaans leveren bedrijven die grote inspanningen leveren op vlak van schadebeperking, ook grote inspanningen op vlak van preventie.

In de praktijk wordt LOPA gebruikt om de gewenste betrouwbaarheden van preventieve beveiligingssystemen te bepalen. Om deze doelstelling na te streven, kan het volstaan om de waarschijnlijkheden van de vrijzetting te bepalen en is het niet nodig om verdere gebeurtenissen, waarop de preventieve beveiligingssystemen toch geen impact hebben, in rekening te brengen.

Vermijden van aanvaardbare frequenties voor dodelijke slachtoffers

Een laatste argument tegen schadegevallen als eindgebeurtenis houdt verband met het toewijzen van de richtfrequenties. Het is niet eenvoudig, zowel vanuit wetenschappelijk als maatschappelijk oogpunt, om aanvaardbare frequenties toe te kennen aan het verlies van menselijk leven. Daarbij komt nog dat de berekende frequenties van een dodelijk slachtoffer in feite nauwelijks of geen realiteitswaarde hebben. Dit is zowel te wijten aan de grote foutenmarges op het gebruikte cijfermateriaal (zeker voor de gebeurtenissen en maatregelen die zich situeren na de vrijzetting), als aan het principe van de enkelvoudige scenario's. Zoals hiervoor reeds vermeld, moeten de berekende waarschijnlijkheden in LOPA eigenlijk beschouwd worden als relatieve indicaties van de kwaliteit van de maatregelen genomen om de eindgebeurtenis te voorkomen. Het is echter moeilijk om aan aanvaardbare richtfrequenties voor menselijke slachtoffers een relatieve en geen absolute betekenis te geven.

C. Richtfrequenties voor ongewenste vrijzettingen

De relatieve waarde van de berekende LOPA-frequenties

Bij het vooropstellen van richtfrequenties is het belangrijk om de relatieve waarde van de berekende frequenties in te zien. De bekomen frequenties zijn een relatieve kwantitatieve maat voor het niveau van de beveiliging. Deze relatieve waarden laten toe om op objectieve wijze scenario's met elkaar te vergelijken. Ze geven ook kwantitatieve richtwaarden voor de betrouwbaarheden van de preventieve actieve maatregelen die gebruikt kunnen worden bij het ontwerp ervan.

Er zijn twee redenen om de berekende frequenties een relatieve betekenis te geven. Vooreerst zijn de faalfrequenties die gebruikt worden om de frequentie van de begin-gebeurtenis te bepalen slechts ruwe schattingen. Om consistentie in de hand te werken, hanteert men vaak dezelfde faalfrequenties voor hetzelfde type van fouten (bijvoorbeeld faling van een regelkring, of een menselijke fout). Ook de betrouwbaarheden van de preventieve actieve maatregelen zijn niet meer dan schattingen, zelfs in het geval men voor veiligheidskleppen beschikt over statistische gegevens en in het geval men voor instrumentele beveiligingen over berekeningen beschikt. Een tweede reden is dat een eindgebeurtenis (bijvoorbeeld het openscheuren van een reactor) de eindgebeurtenis kan zijn van verschillende scenario's. Om de werkelijke waarschijnlijkheid te kennen van de faling van de reactor, moet men alle scenario's combineren, hetgeen een moeilijke wiskundige oefening kan worden. Dit is duidelijk niet de bedoeling van LOPA. Dergelijke berekeningen maken het voorwerp uit van QRA-technieken.

Vergelijking met referentiegevallen

Zoals de berekende frequenties een relatieve maat zijn voor de kwaliteit van de beveiliging, zo moet men de richtfrequenties zien als een relatieve, kwantitatieve maat voor het gewenste niveau van beveiliging. Dat gewenste niveau van beveiliging kan bepaald worden door benchmarking. Men kan met de vooropgestelde faalkansen voor initiële gebeurtenissen, veiligheidskleppen, breekplaten en correctieve menselijke handelingen de frequentie van de eindgebeurtenissen bepalen voor goed beveiligde installatie-onderdelen die men als referentie beschouwt. De bekomen waarden kan men dan als richtfrequenties gebruiken in alle gelijkaardige situaties.

De referentiegevallen die men kiest, zouden beveiligd moeten zijn in overeenstemming met de actuele stand der techniek en met de gangbare actuele praktijken op vlak van procesveiligheid. Laat ons, ter illustratie, een zeer rudimentaire analyse uitvoeren. Als faalfrequentie van controlesystemen wordt courant 0,1 per jaar genomen. De meeste drukvaten zijn uitgerust met veiligheidskleppen waaraan men typisch een PFD van 0,01 toekent (in het geval van "clean service", anders stijgt de PFD typisch tot 0,1). Vaak zijn deze drukvaten uitgerust met een aanvullende instrumentele beveiliging met een PFD van 0,1 tot 0,01, afhankelijk van de hoeveelheid gevaarlijke stoffen die kunnen vrijkomen. Als we dit combineren, komen we tot typische waarden van 10^{-4} tot 10^{-5} per jaar voor scenario's waarbij een verlies van insluiting optreedt in drukvaten. Dergelijke beveiligingsniveaus zijn een haalbare kaart in moderne procesinstallaties.

Het is belangrijk om in te zien dat de bekomen frequenties, in dit geval van 10^{-4} tot 10^{-5} per jaar, afhankelijk zijn van de veronderstellingen omtrent de betrouwbaarheid van de controlesystemen en de veiligheidskleppen. Men mag deze frequenties dus geenszins overnemen als absolute richtcijfers. Bovendien werd geen verband gelegd tussen de richtfrequentie en de aard en de hoeveelheden van de stoffen die vrijkomen.



5

Beheersing van de degradatie van de omhullingen

5.1 *Risico's van degradatie van de omhulling*

5.1.1 De functie van de omhulling

In het vorige hoofdstuk werd toegelicht dat de omhulling weerstand moet bieden tegen de invloeden die op haar inwerken tijdens de normale werking van de installatie. Bovendien kan er voor gekozen worden om de omhulling in bepaalde gevallen ook bestand te maken tegen invloeden (zoals druk en temperatuur) die optreden bij processtoringen.

De sterkte en weerstand van de omhulling worden in de eerste plaats verzekerd door een vakkundig ontwerp en een constructie volgens de regels van de kunst. De initiële weerstand van de omhulling kan echter achteruit gaan in de loop van de tijd onder invloed van allerlei degraderende fenomenen. Hierdoor kan er toch een vrijzetting optreden, ook al bevindt het proces zich binnen zijn normaal operationeel venster.

In vele gevallen is het niet mogelijk om de omhulling een perfecte weerstand te geven tegen alle degraderende fenomenen waaraan de omhulling wordt blootgesteld en moet de aantasting van de

omhulling als een normaal, te verwachten fenomeen beschouwd worden.

Dit is natuurlijk enkel aanvaardbaar indien de aantasting van de omhulling voldoende traag verloopt, zodat de aantasting kan opgevolgd worden en de omhulling tijdig vervangen of hersteld kan worden voordat de aantasting leidt tot een vrijzetting.

5.1.2 Degradatiemechanismen

We bespreken hier de voornaamste fenomenen die aanleiding kunnen geven tot een aantasting van de omhulling. Het is niet de bedoeling om hier een volledig overzicht te geven.

A. Corrosie

Er bestaan een groot aantal types van corrosie. Een beschrijving ervan geven zou het opzet van deze publicatie ver overstijgen.

Het is niet altijd eenvoudig om een bepaald corrosiefenomeen dat zich in de praktijk voordoet, eenduidig vast te stellen. In bepaalde gevallen kunnen verschillende corrosiefenomenen gelijktijdig optreden.

Parameters die bepalend kunnen zijn voor het optreden van bepaalde corrosiefenomenen zijn:

- de aard van de stoffen en de concentraties waarbij ze aanwezig zijn
- de temperatuur
- de aanwezigheid van spanningen
- de gebruikte constructiematerialen.

De aantasting door corrosie kan verschillende vormen aannemen:

- een afname van de wanddikte
- putvorming of pitting
- scheurvorming, zowel aan het oppervlak als onder het metaaloppervlak
- de vorming van microscheuren en of microholten onder het metaaloppervlak
- blaasvorming.

Kennis over het schademechanisme is belangrijk voor de keuze van een geschikte inspectietechniek.

B. Aantasting door waterstof

Waterstof kan aanleiding geven tot twee types van aantasting: blaasvorming (hydrogen blistering) en verbrossing (hydrogen embrittlement).

Blaasvorming ontstaat wanneer atomair waterstof in het staal diffundeert. In microholten in het staal kan moleculair waterstof gevormd worden, wat aanleiding kan geven tot drukken van meerdere honderden bar. Hierdoor kan interne scheurvorming optreden.

C. Erosie

Erosie in procesinstallaties is een vorm van slijtage die veroorzaakt wordt door de abrasieve, schurende werking van gas- en/of vloeistofstromen. De abrasieve werking kan eigen zijn aan de vloeistof of het gas zelf (bijvoorbeeld chloor) of kan veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van deeltjes. Cavitatie is een bijzondere vorm van erosie waarbij de gasbelletjes in de vloeistof de rol vervullen van de abrasieve deeltjes.

Erosie is ook een fenomeen dat zich kan voordoen in combinatie met corrosie. We spreken van erosie-corrosie wanneer de geoxideerde metaallaag door erosie wordt weggesleten waardoor steeds nieuwe metaallagen komen bloot te liggen die vervolgens gecorrodeerd worden.

Erosie kan vermeden of beperkt worden door ondermeer de aanpassing van de stroomsnelheden in leidingen, het ontwerp van leidingen (vermijden van scherpe bochten en van plotselinge wijzigingen van leidingdiameters), materiaalselectie en door filters om eroderende partikels te verwijderen.

D. Vermoeiing

Bepaalde metalen, waaronder zacht staal, kunnen het onder bepaalde omstandigheden begeven bij krachten die ver onder de treksterkte van het metaal liggen als gevolg van metaalmoeheid.

Het optreden van metaalmoeheid hangt af van de grootte van de krachten en van het aantal cyclus-

sen waarin deze kracht wordt uitgeoefend. De vermoeiingsgrens (in het Engels "fatigue limit") is de spanning waaraan een metaal een onbeperkt aantal keren kan blootgesteld worden zonder dat een vermoeiingsbreuk optreedt.

De weerstand tegen metaalmoeheid neemt ook af als gevolg van de aanwezigheid van corrosie en spanningsconcentraties (barstjes, oneffenheden in het oppervlak, ...).

Fenomenen die kunnen leiden tot metaalmoeheid zijn ondermeer:

- trillingen veroorzaakt door pompen en compressoren, turbulente stroming door kleppen, ...
- cyclische drukwisselingen (bijvoorbeeld in batchreactoren).

Dergelijke fenomenen kunnen deel uitmaken van de normale werking van de installatie.

Voor wat betreft de cyclische belastingen die zich voordoen bij normaal bedrijf is de meest aangewezen oplossing om te kiezen voor een omhulling waarbij de spanning beneden de vermoeiingsgrens blijft. Indien het echter niet mogelijk is om het optreden van vermoeiingsverschijnselen uit te sluiten bij normaal bedrijf, is men aangewezen op het opvolgen in de tijd van de degradatie en het tijdig uit dienst nemen van de omhulling alvorens een vermoeiingsbreuk optreedt.

E. Verzakkingen

De fundering van een installatieonderdeel kan onder invloed van het gewicht ingedrukt worden of wegzakken in de ondergrond. Wanneer dergelijke verzakkingen niet gelijkmatig optreden kunnen er grote spanningen ontstaan in de installatieonderdelen en in de leidingen. Dergelijke spanningen kunnen uiteindelijk leiden tot een breuk of scheur.

5.2 Maatregelen om risico's van degradatie te beheersen

5.2.1 Materiaalkeuze

Degradatie kan in de eerste plaats vermeden of beperkt worden door de keuze van de materialen voor de omhulling.

De weerstand tegen corrosieve condities kan ook gerealiseerd worden door een beschermingslaag (een verflaag, een coating).

De maximale temperatuur waaraan de omhulling wordt blootgesteld, kan beperkt worden door isolatie of koeling.

5.2.2 Inspectie en onderhoud

In de mate dat degradatie niet kan vermeden worden door een keuze van de materialen en de

constructie van het onderdeel, zal de toestand van het onderdeel moeten opgevolgd worden in de tijd en zal er tijdig moeten ingegrepen worden voordat een vrijzetting optreedt.

We gebruiken hier de term "inspectie en onderhoud" voor de combinatie van de volgende activiteiten die een samenhangend geheel vormen:

- de inspectie van de omhulling
- de evaluatie van de inspectieresultaten en de beslissing omtrent de te nemen actie
- de actie die genomen wordt op basis van de inspectieresultaten.

Elke vorm van aantasting vergt een aangepaste inspectie, gekenmerkt door een inspectiemethode, een te inspecteren zone en een inspectie-interval. Het is uiteraard mogelijk dat in de praktijk gedurende één inspectiebeurt verschillende vormen van aantasting worden opgevolgd.

Voor het vaststellen van de aantasting van de omhulling bestaan er een groot aantal technieken. We verwijzen hiervoor naar de gespecialiseerde literatuur.

De inspectietechniek moet afgestemd zijn op het type schade dat men verwacht. In bepaalde gevallen zal men verschillende technieken moeten combineren.

Naast de inspectiemethode is het inspectie-interval, dit is de tijd tussen twee inspecties, een belangrijk gegeven. We komen later terug op het bepalen van het inspectie-interval.

De resultaten van de inspectie moeten uitgebreid en gedetailleerd worden gedocumenteerd in een verslag. Op basis van de vastgestelde bevindingen moet dan een beslissing genomen worden over de te nemen acties. Mogelijke acties zijn:

- het definitief uit dienst nemen van het onderdeel
- het vervangen van het onderdeel
- het herstellen van de schade
- het overgaan tot een continue monitoring van het onderdeel
- aanpassing van de werkingscondities (bv. lagere druk)
- het verkorten van het inspectie-interval
- geen actie en het behoud van het inspectie-interval
- de verlenging van het inspectie-interval.

De beslissing kan ook een combinatie van enkele van deze acties inhouden.

Indien de vastgestelde schade van die aard is dat de integriteit niet meer kan gegarandeerd worden (tot de volgende inspectie), dan moet onmiddellijk actie genomen worden. Het onderdeel moet in dat geval hersteld, vervangen of definitief buiten dienst worden gesteld.

Wanneer de vastgestelde schade de grenzen van het aanvaardbare nog niet overschreden heeft, kan beslist worden om een korter inspectie-interval toe te passen of om het onderdeel continu te blijven opvolgen. Eventueel kan men de werkingscondities aanpassen, bijvoorbeeld het verlagen van de normale werkingsdruk.

5.3 Identificatie van risico's van degradatie

5.3.1 Algemeen

De identificatie van de risico's van degradatie is een proces dat moet uitgevoerd worden gedurende de volledige levensloop van een onderdeel: vanaf het ontwerp tot op het ogenblik dat het betrokken onderdeel definitief uit dienst wordt genomen.

De identificatie van de risico's van degradatie voor een bepaald onderdeel start met het in kaart brengen van de degraderende condities waaraan het onderdeel is blootgesteld.

Op basis van deze informatie kan een keuze gemaakt worden voor de constructiematerialen met het oog op het vermijden of beperken van degradatie.

Uitgaande van de kennis van de degraderende condities en de constructiedetails van het onderdeel kan een voorspelling gemaakt worden van de te verwachten degraderende fenomenen en de aard van de aantasting. Inspectietechnieken moeten gekozen worden om de verwachte vormen van aantasting te kunnen detecteren.

Vervolgens moet de analyse van de degraderende fenomenen worden getoetst en zo nodig worden aangepast aan de observaties gemaakt tijdens de inspecties. Het uitvoeren van inspecties maakt dus integraal deel uit van de identificatie van de risico's van degradatie.

5.3.2 Identificeren van de degraderende condities

De volgende informatie moet bepaald worden:

- de stoffen aanwezig in een omhulling en de heersende temperaturen en drukken
- de omgeving aan de buitenkant van het onderdeel, zoals de aanwezigheid van corrosiegevoelige omstandigheden onder eventueel aanwezige isolatie, emissies met agressieve stoffen in de buurt van het onderdeel, de nabijheid van de zee
- de krachten die uitgeoefend worden op de omhulling, in het bijzonder cyclische krachten en spanningsconcentraties
- het optreden van hoge temperaturen die aanleiding kunnen geven tot kruip, eventueel geconcentreerd op bepaalde plaatsen (zogenaamde "hot spots")
- de aanwezigheid van eroderende condities (een productstroom met eroderende deeltjes en/of hoge snelheden).

Bij het in kaart brengen van de degraderende invloeden dient men niet alleen te vertrekken van de normaal aanwezige stoffen en de normale belasting die op de omhulling wordt uitgeoefend. Afwijkingen van de normale procesvoering die niet onmiddellijk een bedreiging vormen voor de integriteit van de omhulling kunnen mogelijk wel aanleiding geven tot aantastingen op langere

termijn. Het is courante praktijk dat gemeten procesparameters worden gelogd. Deze informatie kan, tenminste voor bestaande installaties, gecon- sulteerd worden.

Het is mogelijk dat in bepaalde gevallen de aanwe- zige procescondities niet goed gekend zijn of dat er een grote onzekerheid over bestaat. Dit is op zich een belangrijke vaststelling, die als dusdanig in de analyse gedocumenteerd moet worden. Onzeker- heid over de degraderende condities is immers een element dat in rekening moet gebracht worden wanneer beslist wordt over de frequentie en de aard van de inspecties. Als er op een later tijdstip meer duidelijkheid komt over de degraderende condities, kan de identificatie van de degraderende fenomenen en de evaluatie van de bijhorende risico's herzien worden.

5.3.3 Identificeren van degradatiemechanismen

A. Op basis van de degraderende condities

De informatie over de degraderende condities moet gecombineerd worden met informatie omtrent de constructie en eventueel de uitgevoerde herstellin- gen van het onderdeel.

De volgende informatie over het onderdeel is belangrijk:

- bouwjaar en tijdstip van uitgevoerde her- stellingen
- redenen van de uitgevoerde herstellingen
- gevolgde constructiestandaarden
- constructietekeningen
- sterkteberekeningen
- gebruikte materialen
- resultaten van lascontroles.

Eventuele hiaten in deze kennis zijn een belangrijk element in de inschatting van de risico's van degradatie en kunnen leiden tot een meer conser- vatieve houding.

Het voorspellen van degradatiemechanismen op basis van de heersende degraderende condities vergt de nodige expertise en ervaring. Het verdient aanbeveling om dergelijke oefeningen te doen met een multidisciplinaire groep, met bijvoorbeeld corrosiespecialisten, metallurgen, lasdeskundigen, ontwerpingenieurs, onderhoudspersoneel en operatoren.

Het vergelijken met onderdelen die aan gelijkaar- dige omstandigheden blootgesteld zijn, kan helpen bij het voorspellen van mogelijke degradatiefeno- menen. Een voorwaarde hierbij is dat de inspecties van deze onderdelen goed werden gekozen, uitge- voerd en gedocumenteerd. Het is in ieder geval raadzaam steeds enige voorzichtigheid te hanteren bij het extrapoleren van inspectieresultaten naar andere onderdelen, omdat twee installatieonderde- len nooit exact gelijk zijn.

Het identificeren van de degradatiemechanismen houdt in dat men de volgende zaken bepaalt:

- de plaats van aantasting: gaat het om een algemene aantasting of doet ze zich voor op bepaalde plaatsen
- de aard van de schade (bv. afname van wanddikte, scheurvorming, blaasvorming)
- de snelheid waarmee schade zal toenemen of uitbreiden.

B. Op basis van inspecties

Tijdens een inspectie kan men de verwachtingen omtrent de op te treden degradatiemechanismen toetsen aan de werkelijkheid. Mogelijk zal de initiële analyse moeten worden bijgesteld.

Tijdens een inspectie kunnen ook degraderende fenomenen worden vastgesteld die men niet had voorspeld. Men mag hierbij niet uit het oog verlie- zen dat bepaalde vormen van schade enkel met specifieke inspectietechnieken kunnen gedete- ceerd worden. Zo zullen tijdens een interne visuele inspectie alleen fenomenen kunnen worden vastge- steld die visueel waarneembare schade aan het metaaloppervlak veroorzaken. Voor het bepalen van schade onder het metaaloppervlak zullen specifieke technieken vereist zijn.

In het geval er veel onzekerheid is over de te verwachten degradatiefenomenen, kan het dus aangewezen zijn, zeker bij de eerstvolgende inspecties, om een breder gamma aan inspectie- technieken in te zetten om eventueel verborgen vormen van aantasting te identificeren. Deze onzekerheid kan het gevolg zijn van een gebrekkige kennis over het onderdeel (informatie over constructie en herstellingen), grote onzekerheid over de aanwezige procescondities (bv. bij het verwerken van zeer uiteenlopende producten en hun mengsels).

Men dient zich er ook van bewust te zijn dat sommige degraderende fenomenen zoals vermoei- ing of spanningscorrosie een lange incubatietijd kunnen hebben, zodat de schade pas bij latere inspecties zal opgemerkt worden.

De identificatie van degradatiemechanismen door middel van inspectie is geen alternatief voor een analyse op basis van de degradatiemechanismen. De identificatie van de te verwachten degradatie- fenomenen is noodzakelijk om gerichte inspecties te doen met de juiste technieken. De inspectie zelf dient in de eerste plaats om de verwachte degrada- tie op te volgen, maar is tevens een gelegenheid om de verwachtingen te toetsen aan de realiteit en de eerder theoretische analyse op basis van de aanwezige condities bij te stellen en aan te vullen.

De inspectie van een omhulling is een onderdeel van de risico-identificatie en het is daarom belang- rijk dat dit uit de verslaggeving blijkt. Uit de verslaggeving zou men moeten kunnen opmaken of de vastgestelde degradatie al dan niet overeen- stemt met de verwachte degradatie en of er al dan niet bijkomende, onverwachte degradatiemecha- nismen werden vastgesteld.

5.3.4 Bepalen van de vrijzetting als gevolg van de degraderende fenomenen

Wanneer men de aantasting van de omhulling laat evolueren, dan zal dit uiteindelijk leiden tot een vrijzetting. Afhankelijk van het schademechanisme kan die vrijzetting eerder ogenblikkelijk of eerder geleidelijk verlopen.

Om de ernst van de degradatie in een bepaald onderdeel in te schatten, moet men dus in de eerste plaats bepalen welke stoffen worden vrijgezette, in welke hoeveelheden en over welke tijdspanne.

Of het nodig is om nog verdere gebeurtenissen, die optreden na de vrijzetting, te identificeren, is afhankelijk van de manier waarop het risico van de processtoringen zal geëvalueerd worden.

Merk op dat een verdere uitwerking van de gevolgen met het oog op het bepalen van de noodzaak tot schadebeperkende maatregelen hier niet aan de orde is. Dit komt aan bod bij de behandeling van de schadebeperkende veiligheidsfuncties van de installatie.

5.4 Evaluatie van de risico's en specificeren van maatregelen

5.4.1 Algemeen

De evaluatie van de risico's van degradatie verschilt van de evaluatie van andere risico's in die zin dat het, veel meer dan voor andere risico's, een dynamisch gebeuren is dat op geregelde tijdstippen gedurende de levensduur van een onderdeel aan de orde is.

Bij het ontwerp van een onderdeel kiest men voor bepaalde constructiematerialen en een bepaalde geometrie. Zoals in het vorige deel is uitgelegd kan men uitgaande van deze ontwerpkeuzes een inschatting maken van de te verwachte degradatie. Op basis hiervan kan vastgelegd worden welke zones van het onderdeel met welk inspectietechnieken moeten onderzocht worden. Een zelfde analyse moet gemaakt worden in het geval in een bestaand onderdeel de degraderende condities gewijzigd worden.

Een eerste inspectie-interval wordt vastgelegd, dat doorgaans relatief klein wordt gekozen om rekening te houden met de onzekerheden van de initiële analyse van de degradatiefenomenen.

Na elke inspectie moet er geëvalueerd worden of het onderdeel al dan niet geschikt is om in dienst te blijven tot de volgende inspectie. Eventueel moeten daartoe bepaalde acties ondernomen worden, zoals het uitvoeren van herstellingen of het aanpassen van de werkingscondities. De keuze van het inspectie-interval, de inspectiemethodes en de te inspecteren zones van de omhulling, moeten

na elke inspectie opnieuw geëvalueerd worden en desgevallend aangepast worden in functie van de inspectieresultaten.

5.4.2 De te inspecteren zones

De keuze van de te inspecteren zones wordt bepaald door de plaats waar degradatie optreedt of verwacht mag worden.

Plaatsen die extra vatbaar zijn voor aantasting, zijn:

- lassen
- zones met spanningsconcentraties
- ophangingspunten
- vloeistofranden.

De prioriteit die lasnaden krijgen in een inspectieprogramma is afhankelijk van ondermeer:

- de lasomstandigheden (bv. ter plaatse of in een atelier)
- de spanningen ter hoogte van de lasnaad
- de blootstelling aan degraderende condities
- de gevolgen bij falen van de las
- herstellingen uitgevoerd aan de las of in de buurt van de las
- de mate waarin er onzekerheid is over de bovenstaande factoren.

Herstellingen aan lassen kunnen aanleiding geven tot bijkomende lasfouten en hoge residuele spanningen. De inspectie van zones waar dergelijke herstellingswerken zijn uitgevoerd, verdienen normaliter een hoge prioriteit.

Wanneer de aantasting eerder uniform plaatsgrijpt over een groot oppervlak, dan zal men op een representatief aantal plaatsen metingen moeten uitvoeren.

5.4.3 Keuze van de inspectiemethodes

A. Doelstellingen van de inspectie

In het algemeen moet een inspectie in staat zijn om de volgende doelstellingen te bereiken:

- het detecteren en lokaliseren van de defecten (d.w.z. de schade die is opgetreden in de omhulling)
- het bepalen van het type van de defecten
- het opmeten van de defecten.

De gewenste informatie over het type en de dimensies van de defecten is afhankelijk van de criteria die gebruikt worden om defecten al dan niet te aanvaarden. Hanteert men kwalitatieve criteria, dan kan het volstaan om de aard en de lengte van het defect te kennen. Is de evaluatie daarentegen gebaseerd op breukmechanica, dan kan het nodig zijn om de exacte positie, lengte, breedte, hoogte en de oriëntatie van de defecten te kennen.

Het is mogelijk dat om deze doelstellingen te bereiken verschillende technieken gebruikt moeten worden. Sommige technieken zijn bijvoorbeeld geschikt voor het detecteren van defecten, maar

niet om de vorm en de dimensie van de defecten in het metaal te bepalen.

B. De gewenste betrouwbaarheid

De kans dat men een aanwezig defect ook effectief detecteert, is afhankelijk van verschillende factoren:

- de inherente capaciteit van de techniek om defecten te detecteren
- het gebruik van de techniek, d.w.z. de competentie van de inspecteur, de beschikbaarheid van de instructies en procedures, de tijdsdruk en de omstandigheden waarin gewerkt moet worden
- de toestand van het onderdeel (zuiverheid, geometrie, toegankelijkheid, constructiematerialen)
- de vorm, afmetingen en locatie van de defecten.

Deze factoren bepalen ook de nauwkeurigheid waarmee de dimensies en de oriëntatie van de defecten gemeten wordt.

De eerste twee van hogergenoemde factoren heeft men in de hand. De betrouwbaarheid kan opgedreven worden door:

- de keuze van meer betrouwbare methodieken en meetapparatuur
- de inzet van hoger gekwalificeerd personeel
- de toepassing van principes van redundantie en diversiteit.

Menselijke fouten kunnen teruggedrongen worden door het gebruik van automatische of semi-automatische inspectietechnieken. Technieken waarbij de resultaten geregistreerd blijven (in de vorm van foto's, curven, cijfermateriaal, ...) laten toe om de resultaten te laten beoordelen door meerdere personen.

De toepassing van principes van redundantie en diversiteit houdt in deze context in dat men de inspectie van een bepaalde zone meerdere malen uitvoert, desgevallend door verschillende personen en/of het gebruik van verschillende technieken.

De betrouwbaarheid van de inspectieresultaten zou in verhouding moeten staan tot het risico van falen van de te onderzoeken component.

Om dergelijke beslissingen te ondersteunen en consistent te maken, zou de onderneming de inspectieprogramma's kunnen indelen in risicoklassen met behulp van een risicomatrix. Deze risicomatrix combineert de kans op falen van het betrokken onderdeel ten gevolge van de degradatiemechanismen die door het inspectieprogramma worden geïdentificeerd en de omvang van de gevolgen van een dergelijk falen.

5.4.4 Het inspectie-interval

A. Het eerste inspectie-interval na ingebruikname

De eerste inspectie na het in gebruik nemen van een nieuw installatieonderdeel (of van een onderdeel dat een nieuwe functie heeft gekregen) is van groot belang om de theoretische identificatie van de te verwachten degradatiemechanismen te valideren of aan te passen. Tijdens een eerste inspectie kan onverwachte degradatie worden vastgesteld als gevolg van eventuele ontwerpfouten, constructiefouten of gebrekkige kennis over de degraderende condities.

Het gebrek aan operationele ervaring met een onderdeel maakt dat de risico's op falen hoger moeten worden ingeschat.

Het is een courante industriële praktijk een nieuw onderdeel niet later te inspecteren dan 24 maanden na de eerste indienstname⁵. Hoe groter de onzekerheid over de werkelijke operationele condities, hoe korter de eerste inspectie moet volgen op de indienstname.

Een verlenging van het eerste inspectie-interval tot meer dan 24 maanden moet verantwoord kunnen worden aan de hand van gunstige operationele ervaring, zoals bijvoorbeeld kan bekomen worden door on-line monitoring.

B. Tussen 2 inspecties

De inspecties moeten voldoende frequent uitgevoerd worden om aantasting of beschadiging vast te stellen. Daarnaast moet verzekerd worden dat het onderdeel steeds geschikt blijft voor operationele condities waaraan het onderworpen wordt. In het Engels spreekt men van "fitness for service".

Daartoe kan het inspectie-interval gekozen worden als een percentage van de resterende levensduur van het onderdeel. De levensduur kan berekend worden uitgaande van de tolerantie van het onderdeel voor fouten en aantasting en van de snelheid van aantasting. De standaarden API 579 "Recommended practice for fitness for service" en BS 7190 "Guide on methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures" kunnen gebruikt worden om een inschatting te maken van de levensduur.

Bij inschatting van de resterende levensduur van een onderdeel moet men rekening houden met alle gekende en mogelijke degradatiemechanismen. De berekeningen moeten gemaakt worden op basis van conservatieve aannames. De basis van de berekeningen zijn de metingen en observaties tijdens de uitgevoerde inspecties. De waarde van de berekeningen hangt dus af van de effectiviteit en de betrouwbaarheid van deze inspecties.

⁵ Uit "Best practice for risk based inspection as a part of plant integrity management", HSE contract research report 363/2001. Dit document is beschikbaar via de website van de HSE (Health and Safety Executive, UK).

Sommige degradatiemechanismen, zoals vermoeiing en spanningscorrosie, kennen geen constante snelheid maar versnellen met de tijd of treden pas op na enige tijd. De resterende levensduur kan dan niet eenvoudig bepaald worden. In dergelijke gevallen kan het aangewezen zijn om de inspectiefrequentie op te voeren wanneer men het einde van de verwachte levensduur nadert.

Na elke inspectie moet het inspectie-interval opnieuw geëvalueerd worden. Indien op basis van de inspectieresultaten het maximale inspectie-interval moet aangepast worden, dan dient ook de analyse van de degradatiemechanismen, die aan de basis lag van de bepaling van het vorige inspectie-interval, aangepast te worden.

De aanpak die hierboven werd beschreven is gebaseerd op industriële codes. Ook ervaring met degradatiefenomenen in de installatie en het advies van experts vormen een waardevolle basis om de inspectieprogramma's vorm te geven.

In theorie zou men ook de inspectie-intervallen kunnen bepalen op basis van een risico-inschatting. Men zou het interval zo kunnen bepalen dat de kans op falen door degradatie nooit groter wordt dan een voorgestelde aanvaardbare waarde. Een praktische uitvoering van deze methode botst echter op de afwezigheid van betrouwbare modellen en betrouwbare informatie. Wanneer men bij het bepalen rekening van inspectie-intervallen rekening houdt met de risico's, dan gaat het in de praktijk om een verkorting of verlenging van inspectie-intervallen die op basis van andere methoden (bv. levensduur, standaarden) werden bepaald.

5.4.5 Risicoreducerende acties

De inspectieresultaten moeten beoordeeld worden en er moet beslist worden of het onderdeel al dan niet geschikt is om in dienst te blijven gedurende het gehanteerde inspectie-interval. Indien de beoordeling negatief uitvalt, moet beslist worden over de te nemen acties.

Mogelijke acties zijn:

- het definitief uit dienst nemen van het onderdeel
- het uitvoeren van herstellingen
- het aanpassen van de operationele condities (maximale werkingsdruk, temperatuur, ...)
- het verkorten van de inspectietermijn
- continue opvolging van de degradatie ("online monitoring").

Voor het beoordelen van de vastgestelde degradatie zijn er verschillende methodes in gebruik:

- vergelijking met de minimale wanddikte (voor afname van de wanddikte)
- vergelijking met kwaliteitscriteria voor constructie (voor defecten, bv. in lassen)
- het toepassen van standaarden (bv. British Standard 7910 "Guide on methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures" of API 579 "Recommended practice for fitness for service")
- het toepassen van breukmechanica ("fracture mechanics").



6

Beperking van accidentele vrijzettingen

6.1 De risico's van grote vrijzettingen

De risico's van accidentele vrijzettingen nemen toe met de hoeveelheden gevaarlijke stoffen die kunnen vrijgezet worden. De mogelijke schade die kan aangericht worden neemt toe in functie van de vrijgezette hoeveelheden. Ook de kans dat er schade optreedt, wordt groter bij grotere hoeveelheden. Zo zullen grotere explosieve wolken gemakkelijker een ontstekingsbron vinden. Grotere toxische wolken hebben meer kans om iemand te treffen dan kleinere wolken. In het geval van een brand is het stoppen van de aanvoer van brandstof naar de brandhaard een effectieve, en in een aantal gevallen de enige praktische manier om het vuur te doven.

De vrijgezette hoeveelheden bij een accidentele vrijzetting worden bepaald door het lekdebiet en de duur van het lek. Het lekdebiet wordt voornamelijk bepaald door de grootte van de lekopening, de druk in het lekkende onderdeel en de fase van de lekkende stof. Hoe hoger de druk, hoe groter de drijvende kracht en hoe groter de uitstroomsnelheid. De massa die vrijgezet wordt bij een lek in de vloeistoffase is, voor een gelijk volumetrisch debiet, veel groter dan bij een lek in de gasfase. Een lek in leidingen aangesloten boven het vloeistofniveau geeft in principe alleen aanleiding tot

een vrijzetting in de dampfase. In het geval van onder druk vloeibaar gemaakte gassen zal damp worden vrijgezet, in principe tot de volledige inhoud verdampt is.

6.2 Maatregelen om accidentele vrijzettingen te beperken

Maatregelen om accidentele vrijzettingen te beperken zullen we verder kortweg aanduiden als "lekbeperkende maatregelen". We maken een onderscheid tussen passieve en actieve maatregelen.

6.2.1 Passieve lekbeperkende maatregelen

Het vermijden van aansluitingen in de vloeistoffase en het gebruik van dippijpen met hevelbrekers zijn preventieve maatregelen die genomen kunnen worden om vloeistoflekken te vermijden. De vrijgezette hoeveelheden bij een lek in de gasfase zijn veel kleiner dan bij een lek in de vloeistoffase.

Voor horizontale cilindrische houders met LPG is dit bijvoorbeeld een uitdrukkelijke aanbeveling van de

API-standaard 2510 "Design and Construction of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Installations".

Dipleidingen komen het installatieonderdeel langs boven binnen en gaan tot in de vloeistoffase. Als het gaat om vulleidingen, dan kan men deze leidingen voorzien van zogenaamde hevelbrekers (gaatjes boven het vloeistofoppervlak) om terugstroming vanuit de vloeistoffase te voorkomen. In dat geval dient men enkel rekening te houden met een vrijzetting van dampen bij een lek in deze dipleiding.

6.2.2 Actieve lekbeperkende maatregelen

A. De onderdelen van een actieve lekbeperkende maatregel

Een actieve lekbeperkende maatregel is een actieve maatregel met de volgende onderdelen:

- de detectie van de vrijzetting
- de beslissing om een actie te ondernemen
- de uitvoering van de actie die de vrijzetting beperkt.

Mogelijke acties om een vrijzetting te beperken zijn:

- het afsluiten van installatieonderdelen met gevaarlijke stoffen van de plaats waar de vrijzetting gebeurt
- het overpompen van de inhoud van installatieonderdelen van waaruit een vrijzetting plaatsvindt, naar andere onderdelen
- het verminderen van de druk, waardoor het lekdebiet afneemt.

We bespreken in deze nota de middelen om de vrijzetting te detecteren, een beslissing tot actie te nemen en de uitvoering van die actie om praktische redenen elk afzonderlijk. In de praktijk zijn immers zeer veel combinaties en dus evenveel verschillende maatregelen mogelijk. Het is echter belangrijk om in te zien dat geen van die onderdelen op zich als een maatregel kan beschouwd worden. Het is slechts door ze te combineren tot een functioneel geheel dat we een maatregel realiseren.

Voor de volledigheid vermelden we hier dat sommige maatregelen de drie onderdelen combineren, bijvoorbeeld terugslagkleppen, debietsbegrenzers en breakaway-koppelingen.

B. Detectie van vrijzettingen

Vast opgestelde gasdetectie

Vast opgestelde gasdetectie biedt de mogelijkheid om continu bepaalde zones in de installatie te bewaken. Deze detectiesystemen kunnen ook gebruikt worden voor andere schadebeperkende maatregelen zoals brandbestrijding, evacuatie en de noodplanning.

Het gebruik van gasdetectiesystemen voor de detectie van vrijzettingen is enkel mogelijk wan-

neer bij de vrijzetting voldoende gassen en dampen geproduceerd worden.

De detectie van een ontvlambaar damp- of gasmengsel is een courante techniek. Men kan gebruik maken van puntdetectie waarbij de concentratie op een bepaalde plaats bewaakt wordt of van lijndetectie op basis van infraroodstraling.

Voor andere stoffen kunnen de detectietechnieken minder voor de hand liggen. Indien meer ingewikkelde analyseapparatuur vereist is, dan kan men werken met een aanzuiging van lucht op verschillende plaatsen. Deze luchtstalen worden dan geleid naar een centraal opgesteld analyseapparaat. Via een cyclus komt elk aanzuigpunt periodiek aan bod.

Observatie van procesparameters

Eén van de basisfuncties van een operator is het opvolgen van het proces en het detecteren van abnormale situaties. Dit dient specifiek aan bod te komen in de opleiding van operatoren.

Een plotse wijziging van procesparameters, zoals de daling van de druk of van een vloeistofniveau, kan een aanwijzing zijn dat er een lek is opgetreden.

Indien dergelijke plotse wijzigingen geen deel uitmaken van de normale bedrijfsvoering, dan kan men overwegen om deze veranderingen via alarmen kenbaar te maken aan de operatoren, of ze desgevallend te koppelen aan automatische acties. Werkt men via een alarm, dan dienen de operatoren de nodige instructies en opleiding te krijgen om dergelijke alarmen te kunnen interpreteren en de vereiste acties te ondernemen.

Een typisch voorbeeld waarbij deze techniek kan toegepast worden, is een opslagtank, waarin het vloeistofniveau slechts daalt bij productafname uit de tank en waarbij de snelheid waarmee dit gebeurt, gekend is. Een plotse daling van het vloeistofniveau, wanneer er geen vloeistofafname is, of een daling die veel sneller plaatsvindt dan bij een normale afname, kunnen wijzen op een lek.

Detectie door het personeel in de installatie

Vrijzettingen kunnen opgemerkt worden door het personeel dat zich in de buurt van de vrijzetting bevindt.

Als men op deze vorm van detectie rekent, dan is het belangrijk na te gaan in welke mate het personeel aanwezig is in de installatie. Enige zekerheid over het detecteren van lekken kan enkel daar gegeven worden waar op continue basis personeel aanwezig is.

Een voorbeeld is de permanente aanwezigheid van een werknemer tijdens de verlading, iets wat in vele codes van goede praktijk aanbevolen wordt en in bepaalde gevallen ook wettelijk verplicht is.

Op plaatsen waar de permanente aanwezigheid van werknemers niet gegarandeerd is, kan toch een zekere mate van menselijk toezicht voorzien

worden via regelmatige rondgangen. Men mag de rol van dergelijke rondgangen in het kader van de beperking van vrijzettingen niet overschatten. De intervallen tussen de rondgangen bedragen doorgaans ettelijke uren. Enkel voor beperkte, langzame vrijzettingen kunnen periodieke rondgangen een zinvolle detectie opleveren in het kader van het beperken van de vrijzettingen. Dit neemt uiteraard niet weg dat periodieke rondgangen door het operationeel personeel waardevol en belangrijk blijven voor andere doeleinden.

Een alternatief voor de aanwezigheid ter plaatse is camerabewaking. Ook hier moet men voorzichtig zijn om aan deze vorm van detectie geen al te grote betrouwbaarheid toe te kennen. Detectie van een vrijzetting is enkel mogelijk indien de schermen effectief bekeken worden en indien de beeldkwaliteit voldoende is om de vrijzetting duidelijk weer te geven.

C. Beslissing om actie te nemen

Automatische beslissing

Een automatische actie koppelen aan een detectie kan uiteraard alleen als zowel de detectie als de actie uitgevoerd worden zonder menselijke tussenkomst.

Het voordeel van een automatische beslissing is de snelheid waarmee wordt ingegrepen, waardoor de hoeveelheden vrijgezette stoffen in grotere mate beperkt worden dan in het geval men rekent op een menselijke tussenkomst.

In het geval een automatische actie geïnitieerd wordt door een gasdetectiesysteem, zal men er doorgaans voor kiezen een alarm te geven bij een concentratie beneden de schakelwaarde van de beveiliging. Detectiesystemen voor ontvlambare concentraties geven typisch een alarm bij concentraties beneden de onderste explosiegrens (in het Engels: "Lower Explosion Limit" of kortweg "LEL").

Er zijn ook beperkingen aan automatische acties. Een eerste beperking is dat er een eenduidig verband moet zijn tussen de acties die automatisch uitgevoerd moeten worden en de detectie van een vrijzetting.

Een tweede beperking houdt verband met de ongewenste aanspreking van de beveiliging. Het sluiten van noodafsluiters of het stoppen van pompen kan andere risico's met zich meebrengen of belangrijke productiestoringen veroorzaken. Het probleem van een ongewenste aanspreking van de beveiliging door een valse detectie kan men vermijden door meerdere detectiekoppen te plaatsen en een schakellogica in te bouwen waarbij meer dan één detectiekop een gevaarlijke waarde moet aangeven alvorens actie wordt genomen.

Menselijke beslissing

In het geval men gebruik maakt van technische detectiesystemen, maar de beslissing om in te grijpen is het voorwerp van een menselijke beslissing, dan is het belangrijk dat het detectiesysteem

alarm geeft op een plaats waar permanent mensen aanwezig zijn die de beslissing kunnen nemen.

Die personen moeten beschikken over instructies en opleiding om de alarmen goed te kunnen interpreteren en om de juiste acties te kunnen ondernemen.

D. Afsluiten van onderdelen van de plaats van vrijzetting

Het afsluiten van onderdelen van de plaats waar de vrijzetting optreedt, is de meest gebruikte techniek om de vrijgezette hoeveelheden te beperken. Hiervoor kunnen noodafsluiters gebruikt worden, terugslagkleppen, debietbegrenzers en, voor de beveiliging van verlaadposten, breakaway-koppelingen.

Noodafsluiters

Met de term "noodafsluiter" bedoelen we in deze context een afsluiter waarvan men uitdrukkelijk heeft voorzien dat hij gesloten moet worden in geval van een lek teneinde de hoeveelheid lek-vloeistof te beperken.

In het Engels worden noodafsluiters aangeduid met verschillende termen zoals:

- emergency block valve (EBV)
- emergency isolation valve (EIV)
- emergency shutdown valve (ESD-valve)
- remotely operated shut-off valve (ROSOV).

Noodafsluiters kunnen handbediend zijn of afstandsgestuurd. In het geval van ROSOV's is het duidelijk dat het om afstandsbediende afsluiters gaat. Voor EBV's en EIV's is dat niet altijd het geval.

Afstandsgestuurde noodafsluiters zijn uitgerust met een elektrische of pneumatische klepmotor, wat de mogelijkheid biedt om ze manueel van op afstand (bv. door een noodstopknop) of automatisch (door een gasdetectiesysteem bijvoorbeeld) aan te sturen. Bij handbediende noodafsluiters moet iemand ter plaatse gaan en met behulp van zijn lichaamskracht de afsluiter sluiten.

Het is duidelijk dat afstandsgestuurde kleppen een aanzienlijk hoger niveau van bescherming kunnen bieden dan manueel bediende kleppen. De keuze tussen enerzijds handbediende en anderzijds afstandsgestuurde noodafsluiters vormt een essentieel aspect bij het specificeren van maatregelen. We komen hier verder nog op terug.

Voor de volledigheid vermelden we dat naast manuele en afstandsgestuurde noodafsluiters ook hittegestuurde kleppen ("heat activated valves") in de literatuur vermeld worden. Dit zijn kleppen die sluiten wanneer ze blootgesteld worden aan een brand. Het voordeel van dergelijke kleppen is dat ze geen nutsvoorzieningen en geen instrumentatie vergen en dat ze automatisch werken. Ze zouden bovendien erg betrouwbaar zijn. Het nadeel is dat ze slechts in werking treden bij brand (en niet reeds bij de vrijzetting) en dat ze geen andere acties kunnen activeren zoals het stoppen van een pomp.

Terugslagkleppen

Terugslagkleppen worden in de Engelse literatuur aangeduid met termen als "non-return valves" en "check valves".

Terugslagkleppen laten stroming toe in één richting en slaan dicht wanneer de stroomrichting omdraait. Het zijn mechanische toestellen die worden ingebouwd in leidingen en worden bekrachtigd door de stroming zelf.

Terugslagkleppen kunnen in bepaalde situaties de vrijzetting beperken. Een voorbeeld is een terugslagklep in de voedingsleiding naar een opslagtank. Bij een lek stroomopwaarts van de terugslagklep (bijvoorbeeld ter hoogte van de tijdelijke aansluiting voor de verlading van een tankwagen of boot) zal de terugslagklep, als zij naar behoren werkt, het leeglopen van de tank via de voedingsleiding vermijden.

Terugslagkleppen hebben geen goede reputatie op het vlak van betrouwbaarheid. Meestal worden ze niet systematisch getest. Lekken door terugslagkleppen zijn niet uitzonderlijk.

Debietbegrenzers

Debietbegrenzers worden in de Engelse literatuur aangeduid met de term "excess flow valves".

Debietbegrenzers sluiten de stroom af wanneer het debiet een bepaalde waarde overschrijdt. Het zijn, net zoals terugslagkleppen, mechanische toestellen die worden bekrachtigd door de stroming zelf. Gewoonlijk wordt een debietbegrenzer geactiveerd wanneer het debiet 50% of meer wordt van het normale debiet. Het leidingwerk stroomafwaarts van de debietbegrenzer moet dus voldoende capaciteit hebben om een dergelijke debiettoename als gevolg van een lek mogelijk te maken en de debietbegrenzer te doen schakelen.

Debietbegrenzers kunnen gebruikt worden om een onderdeel te isoleren van een breuk of een lek in een uitgaande leiding. Debietbegrenzers hebben een minimaal debiet nodig om te kunnen functioneren, dat groter is dan het normale debiet. Bij kleine lekken zijn ze dus niet effectief.

Breakaway-koppelingen

Een breakaway-koppeling is een onderdeel dat wordt ingebouwd in een leiding. Het is een relatief zwak element in de leiding dat ontworpen is om bij een bepaalde kracht te breken. Deze breuk treedt op tussen 2 kleppen die elkaar openhouden. Van zodra de twee kleppen uit elkaar bewegen, sluiten ze.

E. Transfer naar een noodopvangsysteem

Een andere strategie om de vrijgezette hoeveelheden te beperken in geval van een lek is het overbrengen van de inhoud van het lekkende onderdeel naar een noodopvangsysteem. Deze maatregel kan zowel gebruikt worden om een lek

in een aangesloten leiding te beperken als een lek in het onderdeel zelf.

Het noodopvangsysteem kan een leeg vat zijn dat speciaal voorzien is voor deze functie.

Een alternatief is een transfer naar een ander installatieonderdeel, bijvoorbeeld een tussenopslagvat of een opslagtank met voldoende vrije inhoud. Dit veronderstelt dat men zijn opslagcapaciteit niet volledig benut en plaats vrijhoudt voor in geval van nood. Uiteraard moeten de risico's van ongewenste reacties en effecten beheerst worden. De inhoud van het lekkende onderdeel kan naar het opvangvat worden overgebracht door graviteit, pompen of het drukverschil tussen het installatieonderdeel en het noodopvangvat.

Nog een mogelijkheid is de verwerking van de inhoud van het lekkende vat. Gaat het om een onderdeel dat een productieproces voedt (bv. een reactor), dan kan overwogen worden om de voeding niet stop te zetten. De risico's hiervan moeten afgewogen worden tegen de risico's van de vrijzetting.

Een andere vorm van verwerking is het affakkelen of vernietigen.

F. Verminderen van de druk

Bij een lek naar de atmosfeer is de druk in het lekkende onderdeel de drijvende kracht. Als men de druk in het lekkende onderdeel kan verminderen, dan kan men het uitstroomdebiet verlagen.

Acties die de druk kunnen verminderen, zijn:

- het uitschakelen van de warmtetoevoer
- het uitschakelen van pompen
- de afvoer van dampen en gassen.

Deze maatregelen kunnen zowel gebruikt worden om een lek in een aangesloten leiding te beperken als een lek in het onderdeel zelf.

6.3 Onderdelen met risico's van grote vrijzettingen

6.3.1 Algemeen

Zoals we zullen toelichten in de volgende sectie, worden beslissingen omtrent lekbeperkende maatregelen vooral genomen op basis van de inhoud en de lekgevoeligheid van onderdelen. De aanpak die we hier voorstellen, is er dan ook op gericht om voor alle onderdelen deze informatie te verzamelen.

6.3.2 Het gevarenpotentieel

Een belangrijk criterium om te beslissen over het al dan niet plaatsen van lekbeperkende maatregelen, is het gevarenpotentieel dat het onderdeel vertegenwoordigt.

Het gevarenpotentieel wordt bepaald door:

- de aard van de aanwezige stoffen

- de hoeveelheden waarin de stoffen aanwezig zijn
- de druk en temperatuur waarbij de stoffen aanwezig zijn.

Typische onderdelen met grote volumes zijn:

- opslagtanks
- procesvaten (reactoren, distillatietoeren, accumulatoren, ...)
- lange stukken leiding.

6.3.3 Lekgevoeligheid

Een tweede belangrijk criterium is de lekgevoeligheid van het onderdeel. Onderdelen die in het algemeen een verhoogde kans op lekken hebben, zijn onder meer:

- pompen
- compressoren
- tijdelijke verbindingen tussen transporthouder en de vaste installatie.

Pompen en compressoren bevatten doorgaans zelf geen grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen maar kunnen in verbinding staan met grotere volumes. Ook de inhoud van het leidingwerk mag niet uit het oog verloren worden.

Tal van fenomenen, eigen aan de constructie en werking van pompen en compressoren, kunnen aanleiding geven tot vrijzettingen:

- asafdichtingen van pompen en compressoren zijn lekgevoelige punten (dit risico bestaat niet bij zogenaamde pakkingloze pompen en compressoren)
- cavitatie
- trillingen
- oververhitting, wanneer de pomp werkt in totale recirculatie zonder adequate koeling;
- interne explosie door het aanzuigen van lucht in geval van lekken en restricties in de aanzuigleiding; de aanwezigheid van ontvlambare stoffen is hiervoor uiteraard vereist
- drukopbouw als gevolg van een gesloten uitlaat
- brand als gevolg van een lek in het smeeroliesysteem met faling van de pomp of de compressor als gevolg van de ontwikkelde hitte
- wegvallen van koeling bij meertrapscompressoren.

De tijdelijke verbinding tussen de vaste installatie en een transporthouder (vrachtwagen, treinwagon of schip) moet beschouwd worden als een zwak punt. De verbinding kan gerealiseerd worden via een flexibel of via een verladingsarm met scharnierpunten. De praktijk leert dat de kans op een lek of breuk in deze tijdelijke verbindingen reëel is. Bij een breuk van de tijdelijke verbinding (bijvoorbeeld als gevolg van losrukken) ontstaan er twee lekpunten. Zowel het transportmiddel als de vaste installatie worden in verbinding gesteld met de omgeving.

De eigen ervaring in het bedrijf kan ook informatie leveren om lekgevoelige onderdelen te identificeren. Mogelijke bronnen van informatie zijn:

- het productie- en onderhoudspersoneel

- registraties van inspecties, periodiek onderhoud en herstellingen
- verslagen van incidenten en ongevallen.

6.4 Evalueren van de risico's en het specificeren van maatregelen

6.4.1 Algemeen

In de vorige sectie hebben we beschreven welke informatie een belangrijke rol speelt bij het beslissen over lekbepurende maatregelen. In deze sectie gaan we dieper in op de beslissingscriteria die hierbij gehanteerd kunnen worden.

In de eerste plaats kan men te rade gaan in codes van goede praktijk en gelijkaardige publicaties die aanbevelingen formuleren rond het nemen van lekbepurende maatregelen.

Courant gebruikte stoffen maken het voorwerp uit van specifieke aanbevelingen rond opslag en verlading. Over de opslag en verlading van licht ontvlambare vloeistoffen hebben de Belgische Seveso-inspectiediensten een publicatie opgesteld waarin onder meer de plaatsing van noodafsluiters behandeld wordt. Meer algemene aanbevelingen kan men bijvoorbeeld vinden in:

- het referentiewerk "Lees' Loss Prevention in the Process Industries"
- "Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities", een uitgave van het Center for Chemical Process Safety (CCPS).

Sommige ondernemingen hebben interne beslissingscriteria voor het plaatsen van noodafsluiters. In bepaalde gevallen zijn er beslissingsdiagrammen per type van uitrusting (procesvaten, pompen, compressoren, vaten, fornuizen, enz.). De parameters waarmee rekening wordt gehouden, kunnen sterk variëren van bedrijf tot bedrijf. Typische paramaters zijn:

- de hoeveelheden en de aard van de aanwezige stoffen
- de druk en temperatuur waarbij de stoffen aanwezig zijn
- de positie van afsluiters in de aangesloten leidingen
- de plaats van de handbediende afsluiters (op het gelijkvloers of op hoogte, afstand tot het onderdeel)
- drukklassen van leidingen.

Het voordeel van dergelijke criteria is dat ze toelaten relatief snel een evaluatie uit te voeren. Bovendien levert de toepassing van criteria erg consistente resultaten op.

Andere lekbepurende maatregelen, zoals de transfer naar een noodopvangsysteem of de verlaging van de druk, maken meestal niet het voorwerp uit van dergelijke interne criteria. Bedrijven die interne criteria hanteren voor de plaatsing van noodafsluiters mogen niet vergeten om de nood aan dit type van maatregelen, die ook de

lekken in het onderdeel zelf beperken, te evalueren.

Het is mogelijk dat een bedrijf, zeker bij het ontbreken van interne criteria, niet voor elk onderdeel een duidelijke beslissing kan nemen op basis van gepubliceerde aanbevelingen. Het verdient echter aanbeveling om voor elk onderdeel de overwegingen om lekbeperkende maatregelen al dan niet te nemen, te documenteren. Door ook expliciet de beslissing te documenteren om geen lekbeperkende maatregelen te nemen, toont een bedrijf aan dat de afwezigheid van lekbeperkende maatregelen niet het gevolg is van het ontbreken van enig denkwerk, maar daarentegen een bewuste keuze is. Het documenteren van deze beslissingen laat ook toe om deze op een later ogenblik opnieuw te evalueren.

6.4.2 Een selectie van aanbevelingen

Hieronder geven we een selectie van aanbevelingen met betrekking tot lekbeperkende maatregelen. Deze selectie is in de eerste plaats bedoeld als illustratie van wat in de literatuur te vinden is en heeft zeker niet de pretentie om volledig te zijn. Ook is het niet de bedoeling om de geciteerde werken te vervangen. Wij nodigen de bedrijven uit om zelf de geciteerde bronnen te raadplegen en op zoek te gaan naar andere informatie over dit onderwerp.

A. Atmosferische opslagtanks en verlaadplaatsen

Voor de opslag en verlading van licht ontvlambare vloeistoffen hebben de Belgische Seveso-inspectiediensten een publicatie opgesteld met een aantal vereisten om het hoge beschermingsniveau te bereiken dat in het samenwerkingsakkoord wordt gevraagd.

Met betrekking tot het beperken van een vloeistoflek wordt in deze publicatie het volgende gevraagd:

- afstandsgestuurde kleppen op alle vloeistofleidingen, zo dicht mogelijk tegen de tank geplaatst, die bediend kunnen worden van op een veilige plaats
- afwezigheid van niet-brandbestendige installatieonderdelen (bv. manuele klep) tussen de tank en deze klep
- "fail safe" uitvoering van de kleppen, zodat bij het wegvallen van de energie (in de meeste gevallen perslucht naar de kleppen en elektrische voeding naar de magneetventielen) de kleppen sluiten
- brandbestendige uitvoering van deze kleppen, wat aangetoond wordt via een certificaat
- brandbestendige inbouwwijze van de klep
- brandbestendige flenspakking tussen de tank en de klep.

De "Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities" van CCPS geven de volgende aanbevelingen

met betrekking tot de opslag en verlading van ontvlambare vloeistoffen:

- De automatische stopzetting van het lossen of laden in geval van een breuk van de verlaadarm of de verlaadflexibel is sterk aan te raden. Manuele stopzetting (via een noodstop) door een operator die de verlaadoperatie bewaakt, is ook aanvaardbaar, mits goede signalisatie en toegankelijkheid van de noodstop.
- Bij de verlading van ontvlambare vloeistoffen via een bodemaansluiting zou de verlaadklep op afstand gestuurd moeten kunnen worden en uitgerust moeten zijn met een smeltverbinding.

B. Pompen en compressoren

In het referentiewerk "Lees' Loss Prevention in the Process Industries" vinden we de volgende criteria waarvoor de plaatsing van afstandsgestuurde noodafsluiters in de aanzuigleiding van de pomp aanbevolen is:

- pompen voor vloeistof boven de zelfontstekingstemperatuur
- pompen voor vloeibare brandbare gassen en vloeistoffen bij temperaturen boven het vlampunt en met een relatief hoge kans op lekken; dat laatste is het geval indien:
 - uit ervaring is gebleken dat de betrokken pomp reeds gelekt heeft
 - de pompen werken bij zeer hoge (hoger dan 180°C) of zeer lage temperaturen (lager dan - 30°C)
 - men andere indicaties heeft dat lekken verwacht kunnen worden
- pompen voor vloeibare brandbare gassen waar een lek weinig waarschijnlijk is, maar waar in geval van een lek een grote hoeveelheid kan vrijgezet worden.

Wanneer controlekleppen aanwezig zijn, kunnen deze ook in aanmerking genomen worden als afstandsgestuurde noodafsluiters.

Indien in de aanzuigleiding van de pomp stroomopwaarts al een afstandsgestuurde noodafsluiter staat om andere redenen (bijvoorbeeld om een opslagtank in te blokken), dan kan de plaatsing van een extra afsluiter overbodig zijn, op voorwaarde dat de hoeveelheid in de leiding tussen de pomp en de afstandsgestuurde noodafsluiter beperkt is.

In het geval dat compressoren zijn opgesteld in een meertrapsopstelling met tussenvaten, wordt aanbevolen om deze tussenvaten ook te voorzien van afstandsgestuurde noodafsluiters (vanaf een volume van enkele kubieke meters).

De "Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities" van CCPS geven de volgende aanbevelingen voor compressoren:

- noodafsluiters voor compressoren voor ontvlambare gassen met een vermogen van meer dan 150 kW, waarbij de compressor automatisch gestopt moet worden voor de sluiting van de kleppen
- gasdetectie in gebouwen of lokalen waar compressoren voor ontvlambare gassen zijn

opgesteld. Bij 40 à 50% van de onderste explosiegrens wordt de compressor stopgezet en worden alle aangesloten leidingen (zowel in de aanzuigzijde als in de perszijde) gesloten.

API Standaard 2510 "Design and Construction of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Installations" beveelt de installatie aan van terugslagkleppen in de perszijde van alle centrifugale pompen.

C. Procesvaten

In de "Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities" van CCPS vinden we de aanbeveling om noodafsluiters te overwegen voor de volgende onderdelen:

- kolommen en reactoren met een vloeibare fractie van minstens 5000 liter ontvlambare stoffen met vier of minder koolstofatomen per molecule (C₄ en lichter)
- accumulatoren en drums met een vloeibare fractie van minstens 8000 liter ontvlambare koolwaterstoffen met vier of minder koolstofatomen per molecule (C₄ en lichter) of stoffen boven hun zelfontstekingstemperatuur
- procesvaten met een vloeibare fractie van minstens 16 000 liter ontvlambare stoffen bij een temperatuur boven het vlampunt.

Er wordt hierbij vermeld dat de noodafsluiters gemakkelijk bereikbaar moeten zijn in ongunstige omstandigheden of van op afstand bedienbaar moeten zijn.

6.4.3 Afstandsgestuurde of handbediende afsluiters

In sommige aanbevelingen omtrent de plaatsing van noodafsluiters is het niet duidelijk of men met "noodafsluiters" afstandsgestuurde noodafsluiters bedoelt dan wel handbediende noodafsluiters. Wanneer de noodzaak geïdentificeerd is om noodafsluiters te voorzien, dan is de keuze voor een handbediende of afstandsgestuurde afsluiter echter fundamenteel. Het moet duidelijk zijn dat afstandsgestuurde noodafsluiters een hoger niveau van bescherming bieden dan manuele noodafsluiters. Afstandsgestuurde noodafsluiters genieten dan ook overduidelijk de voorkeur.

Voordelen van afstandsgestuurde noodafsluiters zijn:

- automatische activatie is mogelijk (koppeling aan detectie)
- manuele activatie van op afstand is mogelijk, hetgeen sneller en veiliger is dan bediening ter plaatse
- een veilige faalwijze kan voorzien worden (positie bij wegvallen van de energie)
- bij afstandsgestuurde kleppen kan een automatische sluiting bij brand voorzien worden
- het sluiten van de klep kan gekoppeld worden aan andere acties, zoals het stoppen van een pomp of compressor, zodat pro-

blemen met een gesloten inlaat- of uitlaatleiding kunnen voorkomen worden

- de sluitingstijd kan gecontroleerd worden zodat problemen met vloeistofslag kunnen vermeden worden
- een automatische klep kan ook voor andere beschermingsfuncties gebruikt worden (bijvoorbeeld om overvulling te vermijden).

Als de onderneming toch opteert voor een handbediende noodafsluiter, dan moet die keuze gerechtvaardigd kunnen worden. Men moet kunnen aantonen dat de handbediende afsluiter voldoende tijdig bediend kan worden en dat de bediening op een veilige manier kan gebeuren.

Als dit niet het geval is, dan kan men niet in alle gevallen rekenen op de noodafsluiter om de vrijzetting te beperken. De noodafsluiter kan dan mogelijk in bepaalde gevallen wel gebruikt worden en in die zin is de aanwezigheid ervan beter dan helemaal niets. De consequentie is wel dat men het risico aanvaardt dat de vrijzetting niet (altijd) kan worden beperkt. Dat laatste moet duidelijk gedocumenteerd en geargumenteed worden.



7

Beheersing van de verspreiding van stoffen en energie

7.1 *Risico's van verspreiding*

Wanneer een gevaarlijke stof wordt vrijgezet, is de verspreiding van deze stof in de omgeving (via de lucht, over de bodem, in de bodem, via het water) in grote mate bepalend voor de schade die kan worden aangericht. De verspreiding van gevaarlijke stoffen kan, afhankelijk van de situatie, zowel een gunstig als een ongunstig effect hebben.

Als brandbare gassen of dampen worden vrijgezet, dan kan een zwakke verspreiding ervan leiden tot de vorming van explosieve mengsels in de lucht. Sterke verspreiding, in de vorm van forse ventilatie, zal het risico op de vorming van een explosieve atmosfeer doen afnemen door verdunning tot onder de onderste explosiegrens.

Met de verspreiding van ontvlambare vloeistoffen wordt ook het brandrisico verspreid. Verspreiding en vorming van grote plassen bevorderen bovendien de verdamping en de vorming van explosieve wolken. Lokale opvang van ontvlambare vloeistoffen rond het lekkende onderdeel stelt dit onderdeel bloot aan bijkomende brandschade. In het geval van vloeibaar gemaakte gassen kan een BLEVE optreden.

De verspreiding van bluswater kan ook duidelijke risico's met zich meebrengen. Koolwaterstoffen zijn

doorgaans lichter dan water en kunnen zich als een al dan niet brandende vloeistoflaag verspreiden bovenop het wegstromende bluswater. Het bluswater is in vele gevallen ook verontreinigd en kan voor ernstige milieuschade zorgen als het terechtkomt in het grondwater of oppervlaktewater.

Ook voor toxische stoffen kan verspreiding een gunstig of een ongunstig effect hebben. Verspreiding betekent verdunning en een vermindering van de concentratie aan gevaarlijke stoffen, maar anderzijds kan de verplaatsing van een toxische wolk naar een bemand gebouw of een bemande zone (zowel binnen als buiten de grenzen van het bedrijf) een bedreiging vormen voor de aanwezige mensen.

De verspreiding van ecotoxische stoffen in een milieucompartement kan onmiddellijk schade opleveren, in functie van de kwetsbaarheid van het milieucompartement en de eigenschappen van de betrokken stof. Om milieuschade te voorkomen, is de beperking van de verspreiding van ecotoxische stoffen dus zeer belangrijk.

Een ongewenste vrijzetting kan explosief verlopen. Denk bijvoorbeeld aan een onderdeel dat faalt omwille van een interne explosie of omwille van de ontbinding van een onstabiele stof. Onderdelen die onder zeer hoge druk werken kunnen bij het catastrofaal falen aanleiding geven tot een explosie. Explosieve vaste stoffen zijn vanzelfsprekend

ook een bron van explosiegevaar. De energie die wordt vrijgezet bij het explosief falen van een onderdeel of bij een vaste stofexplosie verspreidt zich als een drukgolf en door de vorming van projectielen.

7.2 Maatregelen om verspreiding te beheersen

We beperken ons hier tot de meest courante technieken om de verspreiding van vrijgezette stoffen te beheersen.

7.2.1 Secundaire omhullingen

Een secundaire omhulling is een tweede omhulling die aangebracht wordt rond de omhulling waarin de gevaarlijke stoffen zich bevinden. Hierdoor ontstaat een ruimte tussen de buitenste en de binnenste omhulling waarin de stoffen in geval van lek in de binnenste omhulling worden opgevangen. We spreken ook van dubbelwandige omhullingen.

In het geval van dubbelwandige omhullingen moet er steeds een systeem voorzien zijn om lekken in de binnenste omhulling op te sporen. Dit gebeurt via een bewaking van de ruimte tussen de binnenste en de buitenste wanden. Men moet er immers van uitgaan dat een lek of breuk in de binnenste omhulling vroeg of laat, indien er geen actie wordt ondernomen, zal leiden tot een lek in de buitenste wand en uiteindelijk tot een vrijzetting naar de omgeving.

Typische methoden om de ruimte tussen de beide omhullingen te bewaken, zijn:

- gasdetectie
- drukkewaking
- vloeistofdetectie (bv. via geleidbaarheidsmetingen)
- analyse van contaminaties in een spoelgas dat in de ruimte tussen de omhullingen wordt gecirculeerd
- visuele detectie van vloeistof in opvangputjes op de laagste punten (voor dubbelwandige leidingen)
- niveaubewaking om vloeistoflekken te detecteren.

Ook moeten de nodige voorzieningen aanwezig zijn om in geval van een vrijzetting de stoffen in de tussenruimte op een veilige manier af te kunnen voeren.

7.2.2 Inkuiping

De bedoeling van een inkuiping is om de vrijgezette vloeistof en eventueel bluswater plaatselijk op te vangen en de verspreiding te beperken tot de onmiddellijke omgeving van het beschermde installatie-onderdeel in afwachting van verwijdering. Een consequentie hiervan is dat in geval van ontvlambare vloeistoffen het beschermde onder-

deel kan blootgesteld worden aan een brand van de lekvloeistof in de inkuiping.

Het principe van een inkuiping is tegengesteld aan dat van opvang en afvoer, waar het de bedoeling is om de vrijgezette stoffen weg te leiden van het onderdeel waaruit ze werden vrijgezet.

7.2.3 Opvang- en afvoersysteem

De functie van een opvang- en afvoersysteem is het opvangen van lekvloeistof en het afvoeren ervan naar opvang- of verwerkingssysteem.

Een ondoordringbare hellende vloer leidt de lekvloeistoffen, desgevallend met behulp van opstaande randen, naar afvoergoten of opvangputten. Dit principe kan zowel toegepast worden op de begane grond als op hoger gelegen niveaus in gebouwen of open processtructuren. Dat laatste veronderstelt uiteraard het gebruik van volle vloeren in plaats van roosterplaten.

Afvoergoten hebben een hogere capaciteit dan afvoerputten, waardoor de vloeistofhoogte beperkt kan worden. Afvoerputten nemen de vorm aan van dozen die in de vloer worden ingebouwd en waarop een afvoerleiding is aangesloten, typisch met een diameter van 10 à 15 cm. Ze worden afgedekt met een rooster om de vloeistof door te laten. De oppervlakte van het rooster is typisch 2 maal die van de uitgaande afvoerleiding.

Opvangputten vangen de vloeistof op van de afvoerputten en de afvoergoten. Van daaruit gaat het verder naar een verwerkingssysteem of naar een groot opvangvolume. Voor de opvang van bluswater kan onder meer gebruik worden gemaakt van opvangbekkens, opvangputten of opslagtanks. Vanuit het opvangvolume kan de lekvloeistof gepompt worden voor afvoer door gespecialiseerde afvalverwerkers. Het is hoe dan ook cruciaal dat er geen ongecontroleerde verspreiding kan gebeuren vanuit het verwerkingssysteem naar het milieu of naar zones waar schade kan berokkend worden.

7.2.4 Gesloten gebouw

Een gebouw kan de verspreiding van vloeistoffen of gassen en dampen naar de omgeving tegenhouden of vertragen. Om deze veiligheidsfunctie te vervullen, moet het gebouw daar wel speciaal voor uitgevoerd worden.

Het beperken van de verspreiding van gassen en dampen uit een gebouw kan op twee manieren gerealiseerd worden: door het gebouw luchtdicht uit te voeren of door te zorgen voor een constante onderdruk. De dampen en de gassen moeten nadien worden verwijderd op een veilige wijze. Mogelijke oplossingen zijn:

- afzuiging van de lucht naar een luchtzuiveringsinstallatie
- ventilatie naar de atmosfeer via een veilig lozingspunt.

7.2.5 Afdekken van een vloeistofplas

Het afdekken van een vloeistofplas stopt of vermindert de verdamping ervan.

In een aantal specifieke gevallen kan water worden gebruikt om een vloeistofplas in een inkuiping af te dekken en op die manier de verdamping en verdere verspreiding via de lucht tegen te gaan. De voorwaarde hiervoor is dat de betrokken stoffen zwaarder zijn dan water, niet mengbaar zijn met water en geen aanleiding geven tot gevaarlijke reacties in contact met water. Voorbeelden zijn koolstofdioxide en broom.

In de literatuur wordt ook de toepassing van schuim besproken. De klassieke toepassing van schuim is het blussen van vloeistofbranden. Het aanbrengen van een schuimlaag kan echter ook de verdamping van een vloeistofplas tegengaan en ontsteking voorkomen.

7.2.6 Watergordijnen

Watergordijnen kunnen aangebracht worden door vast opgestelde sproeisystemen, vast opgestelde sproeikanonnen of met mobiele blusuitrusting. De tijd waarbinnen het watergordijn wordt geactiveerd, is kritisch. Gaswolken kunnen zich immers zeer snel verplaatsen na hun vrijzetting. Vast opgestelde systemen met automatische activering (bv. door gasdetectie) bieden in dat opzicht een onmiskenbaar voordeel.

Watergordijnen kunnen de volgende effecten hebben op gas- en dampwolken:

- verdunning van de wolk als gevolg van de grote hoeveelheden lucht die worden meegesleurd door de druppels
- absorptie van de gassen of dampen door het water (alleen in het geval het om wateroplosbare gassen of dampen gaat)
- toevoeging van warmte in een koude wolk waardoor de neerwaartse dispersie van de wolk kan worden verminderd
- de vorming van een fysische barrière die de verplaatsing van de gaswolk tegenhoudt.

Het verdunningseffect door watergordijnen is sterk afhankelijk van ondermeer de afmetingen en de snelheid van de vloeistofdruppels. Ook de richting van de druppels en de locatie van het watergordijn ten opzichte van de wolk zijn belangrijk. Grotere druppels sleuren minder lucht met zich mee dan kleinere druppels, maar hebben grotere snelheden waardoor de menging en dispersie bevordert worden. Wanneer absorptie mogelijk is, hebben kleinere druppels het voordeel van een groter contactoppervlak.

De lucht die wordt meegesleurd door neerwaarts gerichte watergordijnen zal bij contact met de grond uitwijken naar alle zijden en aldus een luchtverplaatsing creëren weg van het watergordijn. Dit principe kan men aanwenden om een gaswolk weg te houden van een kritische locatie,

bijvoorbeeld waar zich een ontstekingsbron bevindt of mogelijke slachtoffers.

Het verdunningseffect van een watergordijn is vooral effectief op korte afstand en voor eerder beperkte lekken. Op grotere afstand van het watergordijn is het effect van de verdunning erg beperkt. Voor de verdunning van grotere lekken en voor resultaat op grotere afstand is absorptie van de wolk door de waterdruppels noodzakelijk.

De opname van gassen of dampen door de waterdruppels is mogelijk voor stoffen die sterk oplosbaar zijn in water zoals ammoniak, waterstof-fluoride, waterstofchloride en waterstofcyanide. Chloor, zwaveldioxide, waterstofsulfide en stikstof-oxiden daarentegen zijn slechts heel beperkt oplosbaar in water.

Door opname van gassen of dampen wordt het water van een watergordijn verontreinigd. De risico's van de verspreiding van dit verontreinigd water moeten uiteraard ook geïdentificeerd worden.

7.2.7 Ventilatie

We kunnen een onderscheid maken tussen natuurlijke en kunstmatige ventilatie.

Natuurlijke ventilatie treedt op in de buitenlucht of in gebouwen met voldoende openingen om een sterke tocht te veroorzaken. Men spreekt van onbeperkte natuurlijke ventilatie als er geen wezenlijke hindernissen aanwezig zijn die de natuurlijke luchtbewegingen belemmeren. Concreet betekent dit dat de luchtsnelheid meestal hoger is dan 2 m/s en zelden lager is dan 0,5 m/s.

In open lucht kan de natuurlijke ventilatie bevordert worden door te zorgen voor voldoende ruimte tussen de onderdelen en door belemmeringen te vermijden (muren, schermen, ...).

Ook binnen in gebouwen kan gezorgd worden voor een natuurlijke ventilatie, met name door aandacht te hebben voor de dimensies van de lokalen (voldoende hoog) en de aanwezigheid van ventilatieopeningen.

Kunstmatige ventilatie maakt gebruik van mechanische hulpmiddelen om een luchtstroming te realiseren.

Kunstmatige ventilatie wordt meestal toegepast binnenin een ruimte, maar kan ook in open lucht worden toegepast om de beperkingen van de natuurlijke ventilatie als gevolg van aanwezige obstakels te compenseren.

Mogelijke configuraties van kunstmatige ventilatie zijn:

- algemene ventilatie: de atmosfeer in de gehele ruimte wordt ververst
- lokale ventilatie: afzuiging in de directe omgeving van de gevaarbron.

Belangrijke aspecten bij het ontwerp van kunstmatige ventilatie zijn:

- de capaciteit, uitgedrukt in de luchtsnelheid of het aantal verversingen per tijdseenheid
- de bedrijfszekerheid.

Om de goede werking van de ventilatie te verzekeren, kan men de werking van een ventilator bewaken (met behulp van een alarm) of de werking van de ventilator koppelen aan de mogelijkheid om bepaalde activiteiten uit te voeren.

7.2.8 Explosiebestendige muren

Het plaatsen van muren rond een bron van explosiegevaar is er op gericht om in geval van explosie projectielen tegen te houden en de drukgolf af te leiden in een veilige richting. Om de effecten van projectieelvorming te beperken, worden de muren best zo dicht mogelijk tegen de gevaarbron geplaatst.

Een typisch voorbeeld is het ommuren van onderdelen die op een zeer hoge druk werken, en die bij falen dus aanleiding kunnen geven tot aanzienlijke drukgolven en projectieelvorming. Explosiebestendige muren worden tevens toegepast bij opslag van ontplofbare vaste stoffen.

7.3 Identificatie van de risico's van verspreiding van stoffen en energie

7.3.1 Algemeen

De te nemen maatregelen worden in vele gevallen voorgeschreven door de reglementering of codes van goede praktijk of liggen voor de hand. Om een beslissing te nemen, volstaat in de meeste gevallen informatie over het aanwezige gevaarpotentieel, dit wil zeggen: de aard en hoeveelheid van de gevaarlijke stoffen en procescondities waarbij ze aanwezig zijn.

De aanpak die we hier voorstellen voor de identificatie van de risico's van verspreiding van stoffen en energie is er dan ook op gericht om voor alle onderdelen de nodige informatie over het gevaar te verzamelen. Op basis hiervan kan men de mogelijke gevaarlijke verspreidingsvormen identificeren. Voor elke verspreidingsvorm kan men dan documenteren welke maatregelen getroffen werden om deze vorm van verspreiding te beheersen.

In plaats van voor elk onderdeel individueel deze informatie te verzamelen en de overeenkomstige maatregelen te documenteren, zou men ook groepen van onderdelen kunnen beschouwen. Men mag echter niet uit het oog verliezen dat voor bepaalde individuele onderdelen specifieke maatregelen getroffen kunnen worden. Bijvoorbeeld: pompen kunnen individueel ingekuipt zijn, sommige leidingen zijn dubbelwandig uitgevoerd,

verplaatsbare recipiënten kunnen in een lekbak opgesteld staan.

Het is mogelijk dat in bepaalde gevallen de informatie over het gevaar niet zal volstaan om een beslissing te nemen. In die eerder zeldzame gevallen zal een meer doorgedreven analyse noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld gebruik makend van dispersiemodellen en kwantitatieve risico-evaluatie. De beschrijving van deze gespecialiseerde technieken valt buiten de scope van deze publicatie.

7.3.2 Identificeren van het gevaarpotentieel van de installatieonderdelen

De volgende gegevens over het gevaarpotentieel zijn noodzakelijk om een elementaire inschatting te kunnen maken van de wijze waarop een stof na vrijzetting zich zal verspreiden en van de gevaarlijke situaties waartoe dit kan leiden:

- de identiteit van de stoffen
- de fysische toestand waarin ze aanwezig zijn (vloeibaar, gasvormig, superkritisch)
- de hoeveelheden waarin de stoffen aanwezig zijn
- de druk en temperatuur waarbij de stoffen aanwezig zijn.

De wijze waarop een stof zich na vrijzetting zal verspreiden is in eerste plaats afhankelijk van een aantal inherente eigenschappen van de stof zoals het stolpunt, het kookpunt, de dampspanning, de dichtheid ten opzichte van lucht en water, de oplosbaarheid in water, enz. Voor een kwantitatieve modellering van de verspreiding is een grondige kennis van de fysische en chemische eigenschappen van de betrokken stoffen nodig.

De temperatuur heeft een invloed op de verdamping van vrijgezette stoffen. Stoffen aanwezig bij temperaturen boven het vlampunt kunnen aanleiding geven tot ontvlambare dampen. Koude gassen, waarvan de dichtheid bij omgevingstemperatuur in de buurt van deze van lucht ligt, zullen de neiging hebben zich neerwaarts te verspreiden. Vloeistoffen die onder druk vloeibaar gehouden worden, zullen bij vrijzetting zowel aanleiding geven tot een vloeistofplas als tot een gaswolk.

Vloeistoffen aanwezig bij hoge druk kunnen bij kleine lekken worden vrijgezet in de vorm van een mist van vernevelde druppeltjes. Bij grotere lekken kunnen vloeistoffen onder druk vrijkomen in de vorm van een vloeistofstraal. Merk op dat vloeistofstralen ook het gevolg kunnen zijn van de hydrostatische druk in onderdelen die werken bij atmosferische druk.

Voor wat betreft de verspreiding van energie moet men die onderdelen identificeren die aanleiding kunnen geven tot een explosief falen, zoals:

- onderdelen op hoge druk die aanleiding kunnen geven tot een fysische explosie bij plots falen
- onderdelen die door een snelle interne drukontwikkeling explosief kunnen falen (bijvoorbeeld door een interne explosie of

door een snelle exothermische ontbinding van een onstabiele stof)

- opslagplaatsen van ontplofbare vaste stoffen.

7.3.3 Identificeren van gevaarlijke verspreidingsvormen

Mogelijke verspreidingsvormen voor stoffen zijn bijvoorbeeld:

- een plas van een ontvlambare, toxische of ecotoxische vloeistof
- een vloeistofstraal van een ontvlambare, toxische of ecotoxische vloeistof
- een explosieve, toxische of ecotoxische gas- of dampwolk.

Eén lek kan uiteraard aanleiding geven tot meerdere verspreidingsvormen.

De mogelijke verspreidingsvormen zijn een direct gevolg van lekken in het onderdeel (of de onderdelen in een bepaalde zone). Het is dus belangrijk om alle mogelijke representatieve lekken te beschouwen teneinde tot een representatieve set van verspreidingsvormen te komen.

Bij de vrijzetting van energie zullen er drukgolven en projectielen ontstaan. Fysische modellen kunnen gebruikt worden om een inschatting te maken van de overdruk in functie van de afstand tot de bron van de explosie. Met deze informatie kan een schatting gemaakt worden van de schade aan andere installatieonderdelen, aan gebouwen en aan mensen (binnen of buiten de bedrijfsgrenzen).

7.3.4 Verspreiding van bluswater

Bluswater kan verontreinigd worden door de vrijgezette producten, door de verbrandingsproducten of door blusschuim. Een onderzoek naar de eigenschappen van deze mogelijke bronnen van verontreiniging moet uitsluitsel geven over de mogelijkheid dat het bluswater verontreinigd kan worden. Het resultaat van de analyse kan verschillen van zone tot zone.

Verontreinigd bluswater kan een bedreiging vormen voor het grond- en oppervlaktewater. Het kan terechtkomen in het oppervlaktewater via de riolen of door rechtstreekse afvloeiing naar een waterloop of naar een verzamelplaats van oppervlaktewater zoals een vijver, een meer, een kanaal. Grondwater kan bedreigd worden door indringing van het verontreinigd bluswater in de bodem. De kwetsbaarheid van een grondwaterlaag is functie van de diepte en de aanwezigheid van ondoordringbare grondlagen die de waterlaag afschermen.

Het gevaar van milieuverontreiniging is dus functie van de eigenschappen van het bluswater en van de aanwezigheid van kwetsbare aquatische milieucomponenten. Wanneer het gevaar van verontreiniging bestaat, dan dienen maatregelen getroffen te worden om te vermijden dat gecontamineerd bluswater in het grond- of oppervlaktewater terechtkomt.

7.4 Evalueren van de risico's en specificeren van maatregelen

7.4.1 Algemeen principe

Zoals hierboven reeds vermeld, worden maatregelen om ongunstige verspreiding tegen te gaan hoofdzakelijk voorgeschreven door de reglementering en door codes van goede praktijk.

Voor veel gebruikte giftige stoffen zoals chloor, fosgeen, ammoniak en waterstoffluoride bestaan specifieke aanbevelingen met betrekking tot de opvang van lekken, het afdekken van vloeistofplassen, ventilatie, het gebruik van watergordijnen, enz.

We geven hieronder ter illustratie een selectie van aanbevelingen.

7.4.2 Selectie van aanbevelingen

A. Opslagtanks

Opslagtanks worden meestal in inkuipingen geplaatst. Dit is vaak ook een wettelijke verplichting. Een alternatieve oplossing is een dubbelwandige tank.

B. Procesvaten

Onder procesinstallaties wordt meestal een betonnen vloer voorzien en een systeem voor de afvoer van regenwater en eventuele lekken.

Hellende vloeren en opstaande randen kunnen gebruikt worden om de ontvlambare lekvloeistof weg te leiden van kwetsbare installatieonderdelen in de richting van een opvangsysteem.

Ecotoxische stoffen kunnen dringen in de bodem en daar ondergrondse waterlagen contamineren. In dat geval is een ondoordringbare vloer of een andere vorm van opvang noodzakelijk. Verder moet men verhinderen dat ecotoxische stoffen over het grondoppervlak kunnen afvloeien naar rivieren, kanalen of andere vormen van oppervlaktewater die gelegen zijn in de nabijheid van de installatie.

C. Leidingen

De dubbelwandige uitvoering van leidingen dient overwogen te worden in de volgende situaties:

- leidingen die zeer gevaarlijke stoffen bevatten
- leidingen in gesloten ruimten waar lekken door een gebrek aan ventilatie of de aanwezigheid van personeel een aanzienlijk risico vertegenwoordigen
- als bescherming van pijpleidingen uit zwakkere constructiematerialen zoals plastic of glas.

D. Pijpengrachten

Met betrekking tot pijpengrachten vinden we in de "Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities" van de CCPS de volgende aanbevelingen.

- Pijpengrachten moeten voorzien worden van een afwateringssysteem. Ze mogen zelf niet dienen als systeem voor de afvoer van grote lekhoeveelheden, bluswater of regenwater.
- De ondergrond onder de leidingen moet afhellen (hellingsgraad 1%) naar één zijde van de gracht en naar een afvoerpunt, zodat eventuele vloeistoflekken snel van de leidingen weg kunnen gevoerd worden.
- Om de 100 à 150 meter (300 à 500 ft) worden dwarse schotten aangebracht die de pijpengracht op die manier in verschillende secties verdeelt. De bedoeling is om de verspreiding in de lengterichting tegen te gaan in het geval van een lekkende of gebroken leiding. Elke sectie heeft zijn eigen afwatering om lekvloeistof of bluswater af te voeren.

E. Lekken in gesloten ruimten

Indien toxische dampen of gassen kunnen vrijgezet worden in een gesloten ruimte (een lokaal of een gebouw), dan is het nodig om gasdetectie en ventilatie te voorzien. Men moet ook rekening houden met grotere vrijzettingen. Als de dampen of gassen niet op een veilige en ecologisch verantwoorde manier naar de atmosfeer kunnen afgevoerd worden, is een zuivering van de afgezogen gasstroom nodig (bv. via een absorptiekolom).

Indien in een gebouw het gevaar bestaat op de vorming van explosieve wolken, dan is het eveneens nodig om gasdetectie en ventilatie te voorzien. Meestal zal de natuurlijke ventilatie niet volstaan om een voldoende verversing te verzekeren en is geforceerde ventilatie nodig.

F. Opvang en afvoer van gecontamineerd bluswater

Indien het bluswater kan gecontamineerd worden, dan moeten maatregelen getroffen worden om te vermijden dat het bluswater in het grond- of oppervlaktewater kan terechtkomen.

De indringing van bluswater in kwetsbare grondwaterlagen wordt voorkomen door de aanleg van een vloeistofdichte vloer of ondergrond. Het bluswater kan lokaal opgevangen worden (bijvoorbeeld in een inkuiping) of afgevoerd worden naar een opvangvoorziening met voldoende capaciteit.

Hellende vloeren, opstaande randen en inkuipingen kunnen voorkomen dat bluswater afvloeit naar een waterloop, een kanaal of naar een andere vorm van oppervlaktewater.

Afsluiters in de riolering verhinderen dat gecontamineerd bluswater terechtkomt in de openbare riool.



8

Het vermijden van ontstekingsbronnen

8.1 *Risico's van de ontsteking van een explosieve atmosfeer*

8.1.1 Explosieve atmosferen

Met de term "explosieve atmosfeer" verwijzen we in dit hoofdstuk naar een mengsel van lucht en brandbare stoffen (gassen, dampen, nevels of stof) dat ontstoken kan worden. Na ontsteking breidt de ontbranding zich uit tot het gehele mengsel. Bij ontsteking kan er een wolkbrand (zonder noemenswaardige overdrukken) optreden of een gaswolkexplosie. Dit is afhankelijk van de mate van insluiting en de aanwezigheid van turbulentie in de gaswolk. Als de dampen boven een vloeistofplas worden ontstoken, dan levert dit een plasbrand op. De trage verbranding van een gaswolk resulteert in een kortstondige wolkbrand. De ontsteking van explosieve atmosferen kan dus leiden tot een explosie, een brand of tot beide. Uit het gebruik van de term "explosieve atmosfeer" mag men dus niet concluderen dat er enkel sprake is van risico's van explosie. Ook brandrisico's worden geïmpliceerd. We gebruiken desalniettemin de term "explosieve atmosfeer" omdat deze ook gebruikt wordt in de reglementering met betrekking tot het vermijden van ontstekingsbronnen.

Het voorkomen van ontstekingsbronnen maakt het voorwerp uit van het koninklijk besluit van 28 maart 2006 betreffende het welzijn van de werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen. We zullen dit KB verder aanduiden als het "KB Sociale Atex". Het KB Sociale Atex definieert verschillende types van explosieve atmosfeer, "zones" genaamd, in functie van de waarschijnlijkheid dat deze atmosferen optreden. Apparaten die gebruikt worden binnen deze zones moeten aan bepaalde voorwaarden voldoen om de kans op het actief worden van een ontstekingsbron voldoende klein te houden.

We komen later uitgebreid terug op de definitie van deze zones, maar het is belangrijk hier reeds te vermelden dat deze zones explosieve atmosferen zijn die zich kunnen voordoen tijdens de normale werking van de installatie. De maatregelen die het KB Sociale Atex oplegt aan ontstekingsbronnen gelden bijgevolg voor explosieve atmosferen bij de normale werking van de installatie. Het begrip "normaal bedrijf" wordt hieronder verder toegelicht.

Voor alle duidelijkheid willen we benadrukken dat het KB Sociale Atex betrekking heeft op alle explosieve atmosferen onder atmosferische omstandigheden, zowel deze die zich tijdens het "normaal" bedrijf kunnen voordoen als deze die zich tijdens het "abnormaal" bedrijf van de installa-

tie kunnen voordoen. Enkel de voorschriften met betrekking tot de ontstekingsbronnen beperken zich tot explosieve atmosferen bij normaal bedrijf.

We beperken ons hier verder tot externe explosieve atmosferen, aanwezig buiten de installatieonderdelen. Interne explosies zijn een gevolg van afwijkende procescondities en een oorzaak van ongewenste vrijzettingen. Deze problematiek kwam aan bod in hoofdstuk 4.

8.1.2 Normaal bedrijf

Het begrip "normaal bedrijf" wordt gebruikt in de definitie van de "zones". Een zone is een explosief volume met een bepaalde kans van optreden. De voorschriften voor het vermijden van ontstekingsbronnen worden gegeven voor de verschillende types van zones die in het KB Sociale Atex gedefinieerd worden.

In het KB Sociale Atex wordt het begrip "normaal bedrijf" als volgt gedefinieerd: een situatie waarin installaties binnen de ontwerpparameters worden gebruikt.

Externe explosieve atmosferen, waartoe we ons verder zullen beperken in dit hoofdstuk, doen zich voor als het gevolg van de vrijzetting van ontvlambare stoffen naar de omgeving.

Enkele ontwerpparameters van onderdelen van procesinstallaties die belangrijk zijn in het kader van de vrijzettingproblematiek, zijn:

- de ontwerpdruk
- de ontwerptemperatuur
- een bepaalde minimale wanddikte.

Wanneer deze ontwerpparameters worden overschreden, kunnen er vrijzettingen optreden. Dergelijke vrijzettingen moeten vermeden worden door de implementatie van de nodige preventieve maatregelen, zoals toegelicht in hoofdstuk 4 "Beheersen van processtoringen". Dit soort vrijzettingen wordt niet beschouwd als optredend bij "normaal bedrijf" en ze geven dus geen aanleiding tot zones waarbinnen de bijhorende reglementaire voorschriften met betrekking tot ontstekingsbronnen gelden.

Door dergelijke vrijzettingen uit te sluiten bij de definitie van de zones, geeft het KB Sociale Atex in feite impliciet aan dat de beheersing van explosierisico's die er het gevolg van zijn, niet mag berusten op het vermijden van ontstekingsbronnen. Het optreden van explosieve mengsels als gevolg van het overschrijden van de ontwerpparameters moet tot een zeer lage waarschijnlijkheid teruggedrongen worden, een waarschijnlijkheid die lager is dan deze die geassocieerd kan worden met de minst waarschijnlijke zone, met name zone 2 of 20 (zie verder voor de definities van de zones).

Het feit dat de reglementering geen expliciete voorschriften oplegt omtrent het beperken van ontstekingsbronnen in explosieve atmosferen bij abnormaal bedrijf, betekent niet dat er geen aandacht aan besteed moet worden. Een typische maatregel in dit verband is het respecteren van veiligheidsafstanden tot permanente ontstekingsbronnen (verkeer, kantoorgebouwen, onderdelen

met hete oppervlakken of een fakkel). Alhoewel dergelijke maatregelen hun meerwaarde hebben, mag men niet de illusie koesteren dat de ontsteking (en daarmee de explosierisico's) van grote explosieve wolken hiermee volledig kan uitgesloten worden.

"Normaal bedrijf" betekent niet "foutloos bedrijf". Ook wanneer het bedrijf binnen zijn ontwerpparameters werkt, kunnen vrijzettingen ontstaan. Denk bijvoorbeeld aan een lek ter hoogte van een asafdichting. Ook bij "normaal" bedrijf (binnen de ontwerpparameters) kan slijtage optreden aan de afdichting, waardoor deze haar dichtheid verliest. Wanneer een onderdeel onderhevig is aan voorzienbare slijtage, betekent deze slijtage geen overschrijding van een ontwerpparameter.

Het spreekt vanzelf dat vrijzettingen die aanleiding geven tot explosieve atmosferen bij "normaal bedrijf" zoveel mogelijk beperkt moeten worden (zowel in frequentie van optreden als in omvang van de vrijgezette hoeveelheden) door een goed ontwerp en een adequaat onderhoud van de installatie. Dit betekent dat de installatie moet ontworpen worden om de zones zoveel mogelijk te beperken: zowel in aantal, in klasse als in omvang.

8.1.3 Zones

De hierboven vermelde "zones", waarvan ook sprake in het KB Sociale Atex, zijn volumes waarin een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn (bij normaal bedrijf). Een zone krijgt een nummer in functie van de waarschijnlijkheid dat de explosieve atmosfeer optreedt. In de nummering wordt verder een onderscheid gemaakt tussen enerzijds explosieve atmosferen met gassen, dampen of nevels (fijne druppeltjes) en anderzijds met vaste stoffen.

Tabel 8.1: Definitie van de zones

Zone 0	Een ruimte waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, voortdurend, of gedurende lange perioden of herhaaldelijk aanwezig is.
Zone 1	Een ruimte waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, onder normaal bedrijf waarschijnlijk af en toe aanwezig kan zijn.
Zone 2	Een ruimte waar de aanwezigheid van een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, onder normaal bedrijf niet waarschijnlijk is en waar, wanneer dit toch gebeurt, het verschijnsel van korte duur is.
Zone 20	Een ruimte waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een wolk brandbaar stof in lucht, voortdurend, of gedurende lange perioden of herhaaldelijk aanwezig is.
Zone 21	Een ruimte waar een explosieve atmosfeer, in de vorm van een wolk brandbaar stof in lucht, in normaal bedrijf af en toe aanwezig kan zijn.
Zone 22	Een ruimte waar de aanwezigheid van een explosieve atmosfeer in de vorm van een wolk brandbaar stof in lucht bij normaal bedrijf niet waarschijnlijk is; en wanneer dit toch gebeurt, het verschijnsel van korte duur is.

8.1.4 Ontstekingsbronnen

Een ontstekingsbron is een fysisch of chemisch fenomeen dat voldoende energie kan leveren om een explosieve atmosfeer tot ontsteking te brengen. Afhankelijk van de grootte van de explosieve atmosfeer en de mate van insluiting is het resultaat van deze ontsteking een brand of een explosie (waarbij aanzienlijke drukgolven ontstaan).

In de Europese norm EN 1127-1: 1997 "Ontploffingsgevaarlijke atmosferen – Voorkoming van en bescherming tegen ontploffingen – Deel 1: Basisbegrippen en methodologie" is een lijst opgenomen van mogelijke ontstekingsbronnen.

1. Hete oppervlakken
2. Vlammen en hete gassen
3. Mechanisch veroorzaakte vonken
4. Elektrische installaties
5. Elektrische circulatiestromen (zwerfstromen) en kathodische corrosiebescherming
6. Statische elektriciteit
7. Blikseminslag
8. Elektromagnetische velden binnen het radiofrequentiegebied
9. Elektromagnetische straling binnen het optisch gebied
10. Ioniserende straling
11. Ultrageluid
12. Adiabatische compressie, drukgolven en stromende gassen
13. Chemische reacties

8.2 Maatregelen om ontsteking van explosieve wolken te vermijden

8.2.1 Maatregelen opgelegd door het KB Sociale Atex

Artikel 9 van het KB Sociale Atex legt voorschriften op aan de arbeidsmiddelen die worden gebruikt op plaatsen waar een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn.

Zowel de installatie in haar geheel als de individuele componenten waaruit ze is opgebouwd, moeten beschouwd worden als arbeidsmiddelen.

Er wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen enerzijds arbeidsmiddelen die vóór 30 juni 2003 voor de eerste maal ter beschikking werden gesteld van de werknemers en anderzijds arbeidsmiddelen die na deze datum voor de eerste maal ter beschikking van de werknemers werden gesteld.

A. Arbeidsmiddelen in gebruik genomen vóór 30 juni 2003

Voor arbeidsmiddelen die voor 30 juni 2003 in gebruik werden genomen (en dus voor het eerst ter beschikking werden gesteld van de werknemers), geldt dat ze slechts in gebruik mogen gehouden worden wanneer uit het explosie veiligheidsdocument blijkt dat aan het gebruik ervan geen explosiegevaar verbonden is.

Praktisch betekent dit dat het risico dat deze arbeidsmiddelen een explosie veroorzaken, werd geïdentificeerd en dat maatregelen werden geformuleerd en genomen om dit risico te beheersen. Uit een evaluatie moet blijken dat deze maatregelen voldoende zijn. De analyse en bijhorende evaluatie moeten schriftelijk vastgelegd zijn als een onderdeel van het explosieveiligheidsdocument.

Hoe deze analyse moet gebeuren en op basis van welke criteria de risico's moeten geëvalueerd worden, is niet opgenomen in het KB Sociale Atex. Het is echter aan te bevelen om zoveel mogelijk de werkwijze te volgen die voorgeschreven wordt voor arbeidsmiddelen die na 30 juni 2003 ter beschikking werden gesteld.

B. Arbeidsmiddelen in gebruik genomen na 30 juni 2003

Voor arbeidsmiddelen die na 30 juni 2003 voor het eerst ter beschikking werden gesteld, gelden vooreerst dezelfde bepalingen als voor andere arbeidsmiddelen: ze mogen slechts dan in gebruik worden genomen wanneer uit het explosieveiligheidsdocument blijkt dat aan het gebruik ervan geen explosiegevaar verbonden is.

Deze arbeidsmiddelen moeten echter bijkomend ook voldoen aan de voorschriften van deel B van bijlage II. Die luiden als volgt:

"Voorzover het explosieveiligheidsdocument op basis van een risicobeoordeling geen andere eisen stelt, moeten in alle ruimten waar een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn, apparaten en beveiligingssystemen worden gebruikt overeenkomstig de categorieën bepaald in het koninklijk besluit van 22 juni 1999 tot vaststelling van de veiligheidswaarborgen welke apparaten en beveiligingssystemen, bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen, moeten bieden.

Met name de volgende categorieën apparatuur worden in die zones gebruikt, mits zij geschikt zijn voor de betrokken gassen, dampen, nevels en/of het betrokken stof, naargelang het geval:

- *in zone 0 of zone 20, categorie 1-apparatuur;*
- *in zone 1 of zone 21, categorie 1- of categorie 2-apparatuur;*
- *in zone 2 of zone 22, categorie 1-, categorie 2- of categorie 3-apparatuur."*

Deze categorieën worden gedefinieerd in het koninklijk besluit van 22 juni 1999 tot vaststelling van de veiligheidswaarborgen welke apparaten en beveiligingssystemen, bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen, moeten bieden. Dit KB is de omzetting van de economische richtlijn 94/9/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 maart 1994 inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de Lid-Staten betreffende apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen. We zullen dit KB verder aanduiden als het "KB Economische Atex".

Deze categorieën zijn een maat voor het beschermingsniveau ("normaal", "hoog" en "zeer hoog")

waarmee voorkomen wordt dat ontstekingsbronnen in een apparaat actief worden. Voor de volledigheid geven we hieronder de eisen opgelegd aan de apparatuur van respectievelijk categorie 1, 2 en 3.

C. Eisen opgelegd aan apparaten van categorie 1

Categorie 1 omvat apparaten die zo zijn ontworpen dat zij overeenkomstig de door de fabrikant vastgestelde bedrijfsparameters kunnen werken en een zeer hoog beschermingsniveau bieden.

Voor apparaten die worden opgesteld in een explosieve omgeving als gevolg van de aanwezigheid van gas, damp of nevel gelden de volgende eisen:

- De apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat ontvlammingsbronnen, zelfs indien deze het gevolg zijn van een uitzonderlijke storing van het apparaat, niet actief worden.
- Zij moeten van zodanige beveiligingsmiddelen zijn voorzien dat:
 - *hetzij, indien één van deze beveiligingsmiddelen uitvalt, tenminste een tweede onafhankelijk middel het vereiste veiligheidsniveau waarborgt,*
 - *hetzij, indien zich twee onafhankelijke storingen voordoen, het vereiste veiligheidsniveau wordt gewaarborgd.*
- Bij apparaten waarvan het oppervlak heet kan worden, moet er zorg voor worden gedragen dat ook in het ongunstigste geval de aangegeven maximale oppervlaktetemperatuur niet wordt overschreden.
- Er dient ook rekening te worden gehouden met temperatuurstijgingen die worden veroorzaakt door warmteaccumulatie en door chemische reacties.

Voor apparaten die worden opgesteld in een explosieve omgeving als gevolg van de aanwezigheid van stof/lucht-mengsels zijn de volgende eisen van toepassing:

- De apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de ontvlaming van stof/lucht-mengsels wordt voorkomen, zelfs indien deze het gevolg is van een uitzonderlijke storing van het apparaat.
- Zij moeten van zodanige beveiligingsmiddelen zijn voorzien dat:
 - *hetzij, indien één van deze beveiligingsmiddelen uitvalt, tenminste een tweede onafhankelijk middel het vereiste veiligheidsniveau waarborgt,*
 - *hetzij, indien zich twee onafhankelijke storingen voordoen, het vereiste veiligheidsniveau wordt gewaarborgd.*
- De apparaten moeten voor zover nodig zodanig zijn gebouwd dat stof slechts kan binnendringen of wordt verwijderd op de plaatsen van het apparaat die daarvoor bestemd zijn. Kabelingangen en verbindingstukken moeten eveneens aan deze eis voldoen.
- De oppervlaktetemperatuur van de onderdelen van de apparaten moet, om ontvlaming van zwevende stofdeeltjes te

voorkomen, duidelijk lager zijn dan de ontvlammings temperatuur van het te verwachten stof/lucht-mengsel.

Apparaten moeten zodanig zijn ontworpen dat het openen van delen daarvan, die potentiële ontvlammingsbronnen kunnen zijn, alleen mogelijk is wanneer deze bronnen hetzij van het intrinsiek veilige type zijn, hetzij van iedere energietoevoer zijn afgezonderd. Wanneer de apparaten niet buiten werking kunnen worden gesteld, dan moet de fabrikant een waarschuwing aanbrengen op die delen van de apparaten die kunnen worden geopend. Zo nodig moeten de apparaten zijn uitgerust met passende aanvullende blokkeersystemen.

D. Eisen opgelegd aan apparaten van categorie 2

Categorie 2 omvat apparaten die zo zijn ontworpen dat zij overeenkomstig de door de fabrikant vastgestelde bedrijfsparameters kunnen werken en een hoog beschermingsniveau bieden.

Voor apparaten die worden opgesteld in een explosieve omgeving als gevolg van de aanwezigheid van gas, damp of nevel gelden de volgende eisen:

- De apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat ontvlammingsbronnen voorkomen worden, zelfs bij frequente storingen van het apparaat of bij gebreken in de werking van de apparaten waarmee gewoonlijk rekening moet worden gehouden.
- De onderdelen van de apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de oppervlaktetemperaturen niet overschreden worden, ook wanneer de gevaren voortvloeien uit abnormale situaties die door de fabrikant zijn voorzien.

Voor apparaten die worden opgesteld in een explosieve omgeving als gevolg van de aanwezigheid van stof/lucht-mengsels gelden de volgende eisen:

- De apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de ontvlaming van stof/lucht-mengsels wordt voorkomen, zelfs indien deze het gevolg is van frequente storingen van het apparaat of van gebreken in de werking van de apparaten waarmee gewoonlijk rekening moet worden gehouden.
- De onderdelen van de apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de oppervlaktetemperaturen niet overschreden worden, ook wanneer de gevaren voortvloeien uit abnormale situaties die door de fabrikant zijn voorzien.
- De apparaten moeten voor zover nodig zodanig zijn gebouwd dat stof slechts kan binnendringen of wordt verwijderd op de plaatsen van het apparaat die daarvoor bestemd zijn. Kabelingen en verbindingstukken moeten eveneens aan deze eis voldoen.

De apparaten van categorie 2 moeten zodanig zijn ontworpen dat het openen van delen daarvan, die een potentiële ontvlammingsbron kunnen zijn, alleen mogelijk is wanneer ofwel deze bronnen van iedere energietoevoer zijn afgezonderd, ofwel de

openingselementen zijn voorzien van passende blokkeersystemen. Wanneer de apparaten niet buiten werking kunnen worden gesteld, dan moet de fabrikant een waarschuwing aanbrengen op die delen van de apparaten die kunnen worden geopend.

E. Eisen opgelegd aan apparaten van categorie 3

Categorie 3 omvat apparaten die zo zijn ontworpen dat zij overeenkomstig de door de fabrikant vastgestelde bedrijfsparameters kunnen werken en een normaal beschermingsniveau bieden.

Voor apparaten die opgesteld worden in een explosieve omgeving als gevolg van de aanwezigheid van gas, damp of nevel gelden de volgende eisen:

- De apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de bij normaal bedrijf te verwachten ontvlammingsbronnen worden vermeden.
- Er mogen zich onder de te verwachten bedrijfsomstandigheden geen hogere oppervlaktetemperaturen voordoen dan de aangegeven maximale oppervlaktetemperaturen. Overschrijding is in uitzonderlijke gevallen toegestaan, indien de constructeur aanvullende bijzondere beveiligingsmaatregelen treft.

Voor apparaten die opgesteld worden in een explosieve omgeving als gevolg van de aanwezigheid van stof/lucht-mengsels gelden de volgende eisen:

- De apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de onder normale bedrijfsomstandigheden te verwachten ontvlammingsbronnen de stof/lucht-mengsels niet kunnen doen ontbranden.
- De onderdelen van de apparaten moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de oppervlaktetemperaturen niet overschreden worden, ook wanneer de gevaren voortvloeien uit abnormale situaties die door de fabrikant zijn voorzien.
- Bij het bouwen van de apparaten, met inbegrip van kabelingen en verbindingstukken, moet rekening worden gehouden met de grootte van de stofdeeltjes, teneinde ontploffingsgevaar als gevolg van explosieve stof/lucht-mengsels of het ontstaan van gevaarlijke stofafzettingen in de apparaten te voorkomen.

8.2.2 Maatregelen opgelegd door het AREI

Vóór de invoering van het KB Sociale Atex waren er reeds reglementaire bepalingen met betrekking tot het bepalen van zones met een explosierisico en het vermijden van ontstekingsbronnen. Deze bepalingen werden opgenomen in het AREI (Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties), meer bepaald in de artikels 105 tot en met 109 voor wat betreft explosieve gasatmosferen en in de

artikels 110 tot en met 113 voor wat betreft explosieve stofatmosferen.

Via het KB van 4 juni 2008 tot wijziging van het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties werden deze bepalingen aangepast en conform gemaakt met het KB Sociale Atex.

Hierboven hebben we gezien dat het KB Sociale Atex vraagt om een explosie veiligheidsdocument op te stellen. Voor wat betreft de arbeidsmiddelen in gebruik genomen vóór 30 juni 2003 geldt niet de verplichting dat ze moeten behoren tot een bepaalde categorie in functie van de zone. Voor die arbeidsmiddelen moet de werkgever desalniettemin kunnen aantonen in het explosie veiligheidsdocument dat er aan het gebruik ervan geen explosiegevaar verbonden is. Voor de ontstekingsbronnen van elektrische aard, kan men verwijzen naar de conformiteit met de voorschriften van het AREI.

8.3 Identificatie van risico's van explosieve atmosferen

8.3.1 Zones rond installatieonderdelen

Zones rond installatieonderdelen zijn een gevolg van de aanwezigheid van mogelijke lekbronnen in installatieonderdelen die stoffen bevatten die bij vrijzetting aanleiding kunnen geven tot explosieve atmosferen. Voor elk installatieonderdeel wordt nagegaan of er stoffen aanwezig zijn die bij vrijzetting aanleiding kunnen geven tot explosieve atmosferen. Vervolgens zullen voor deze onderdelen de lekbronnen bij normaal bedrijf geïdentificeerd worden. In functie van de activiteit van de lekbron en de ventilatieomstandigheden kan de zone rond de lekbron bepaald worden.

A. Identificatie van bronnen van explosiegevaar

De bronnen van explosiegevaar zijn installatieonderdelen waarin stoffen aanwezig zijn die bij vrijzetting aanleiding kunnen geven tot een explosieve atmosfeer. We maken hierbij abstractie van de vraag of dergelijke vrijzettingen mogelijk zijn bij normaal bedrijf en of de ventilatieomstandigheden het vormen van een explosieve atmosfeer toelaten. Deze aspecten worden in de volgende stappen onderzocht.

De volgende installatieonderdelen moeten beschouwd worden als bronnen van explosiegevaar:

- onderdelen die vloeistoffen bevatten met een vlampunt lager dan de maximale temperatuur die rond het onderdeel mag verwacht worden (in procesgebouwen kan deze temperatuur hoger zijn dan de maximale omgevingstemperatuur)
- onderdelen die vloeistoffen bevatten bij temperaturen boven hun vlampunt

- onderdelen die vloeistoffen bevatten die bij vrijzetting kunnen verstuiven en hierdoor aanleiding kunnen geven tot een explosieve wolk van kleine druppeltjes
- onderdelen die vaste stoffen bevatten die bij vrijkomen aanleiding kunnen geven tot een explosieve stofwolk.

Bij de identificatie van de bronnen van explosiegevaar is het belangrijk zich bewust te zijn van de invloed van kleine concentraties van licht ontvlambare stoffen op het vlampunt. De aanwezigheid van een kleine hoeveelheid van een licht ontvlambare stof kan er voor zorgen dat mengsels van koolwaterstoffen, waarvan het hoofdbestanddeel een relatief hoog vlampunt heeft, bij vrijzetting toch aanleiding geven tot explosieve atmosferen.

De temperatuur die rond het onderdeel verwacht mag worden, zal in vele gevallen de maximale omgevingstemperatuur zijn. Het is echter belangrijk aandacht te hebben voor speciale situaties:

- onderdelen die in een gesloten ruimte zijn opgesteld en waar hogere temperaturen kunnen heersen dan normale buitentemperaturen
- warme oppervlakken van onderdelen die lekvloeistoffen kunnen opwarmen tot boven de normale omgevingstemperatuur.

Of een installatieonderdeel al dan niet een bron is van explosiegevaar hangt dus niet alleen af van de aard van de stoffen en de heersende procescondities, maar ook van omgevingsfactoren zoals de temperatuur en de aanwezigheid van warme oppervlakken.

B. Identificeren van lekbronnen bij normaal bedrijf

Voor elk installatieonderdeel dat geïdentificeerd werd als een bron van explosiegevaar worden de lekbronnen bij normaal bedrijf geïdentificeerd. Een lekbron is een plaats waar stoffen worden vrijgezet. Het begrip "normaal bedrijf" werd hierboven reeds toegelicht.

Voor elke bron wordt de activiteitsgraad bepaald. De activiteitsgraad is een maat voor de kans dat de lekbron actief is, dus dat er effectief stoffen worden vrijgezet. Er zijn drie activiteitsgraden: 0, 1 en 2. De meeste codes voor het bepalen van zones geven een kwalitatieve omschrijving van de activiteitsgraden. Sommige codes geven indicatieve cijferwaarden voor de tijd gedurende dewelke een bron actief is. Een voorbeeld van een dergelijke code is de "Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids" (verder "EI-code" genoemd) van het Britse "Energy Institute" (vroeger "Institute of Petroleum" genaamd). Bepaalde codes geven ook concrete voorbeelden van lekbronnen en hun activiteitsgraad.

Een lekbron waaruit voortdurend of gedurende langere perioden stoffen worden vrijgezet of waaruit zeer frequent gedurende korte periode stoffen worden vrijgezet, noemen we een continue bron en aan dergelijke bronnen wordt activiteitsgraad 0 toegekend. De EI-code deelt een lekbron in als continu wanneer men verwacht dat ze geduren-

de meer dan 1000 uur per jaar actief is. Enkele voorbeelden van continue lekbronnen:

- een vloeistofoppervlak dat blootgesteld is aan de omgeving (bijvoorbeeld een open bad)
- een open ontluichtingsopening op een opslagtank
- een ademventiel dat voldoende frequent wordt aangesproken
- de bevochtigde wanden van een tank met vlottend dak.

Bovenstaande voorbeelden zijn lekbronnen die naar buiten vrijzetten. De meeste continue lekbronnen bevinden zich in de installaties. Interne zonering valt echter buiten de scope van dit hoofdstuk.

Een lekbron waaruit geregeld stoffen vrijkomen of waar de kans dat een vrijzetting optreedt eerder hoog is, noemen we een primaire lekbron of een lekbron met activiteitsgraad 1. De EI-code deelt een lekbron die meer dan 10 uur per jaar maar minder dan 1000 uur per jaar actief is, in als een primaire bron. Typische voorbeelden van primaire bronnen zijn:

- plaatsen waar geregeld tijdelijke verbindingen (flexibels, verlaadarmen) worden losgekoppeld
- pakkingen van asdoorvoeren (afhankelijk van de kwaliteit en uitvoering van de afdichting)
- breekbare onderdelen, zoals niet-afgeschermd kijk- en peilglazen
- bemosteringspunten (afhankelijk van de uitvoering en gebruiksfrequentie).

Secundaire bronnen, met activiteitsgraad 2, zijn mogelijke lekpunten waaruit een vrijzetting waarschijnlijk is en, als ze zich voordoet, van korte duur zal zijn. Volgens de EI-code zijn deze bronnen minder dan 10 uur per jaar actief. Een ondergrens wordt niet gegeven.

Voorbeelden van secundaire bronnen zijn:

- kranen en afsluiters
- flenzen, schroefdraad en andere verbindingen
- beschermde kijk- en peilglazen
- pakkingen van asdoorvoeren (afhankelijk van de kwaliteit van uitvoering).

De identificatie van de lekbronnen zou een gelegenheid moeten zijn om na te gaan of men door een aanpassing van het ontwerp de activiteitsgraad kan doen dalen of de lekbron zelf helemaal elimineren.

Wat de identificatie betreft van lekbronnen dient nog opgemerkt dat tal van codes voor het bepalen van zones voorzien in tekeningen met zones voor typische installatie-onderdelen, zoals pompen, opslagtanks, verlaadplaatsen, enz. Dergelijke standaard zones zijn een goed uitgangspunt, maar men dient toch steeds goed na te gaan of elk installatieonderdeel geen specifieke lekbronnen heeft waarmee geen rekening werd gehouden in de standaarden. Hierin schuilt het belang van het identificeren van de individuele lekbronnen.

C. Bepalen van de ventilatieomstandigheden rond de lekbronnen

De tijdsduur dat een explosieve atmosfeer omheen een lekbron bestaat, en dus de aard van de zone, is niet alleen afhankelijk van de activiteitsgraad maar ook van de wijze waarop de vrijgekomen brandbare stof in de atmosfeer wordt verdund en uit de omgeving van de lekbron wordt afgevoerd. Deze verdunning en afvoer worden bewerkstelligd door de beweging van de lucht of anders gezegd, door de ventilatie.

Om uiteindelijk de aard van een zone te kunnen bepalen, spelen zowel de intensiteit als de beschikbaarheid van de ventilatie een belangrijke rol.

De intensiteit is een maat voor het vermogen van de ventilatie om de vrijgekomen stoffen te verdunnen. In de standaard IEC 60079-10 ("Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas") worden drie niveaus van intensiteit gedefinieerd.

Tabel 8.2: Definitie van de niveaus van intensiteit van ventilatie

Intensiteit	Omschrijving
Sterke ventilatie	De ventilatie kan de concentratie praktisch onmiddellijk aan de lekbron reduceren tot een concentratie beneden de onderste explosiegrens. Het resultaat is een zone met kleine of zelfs verwaarloosbare afmetingen.
Gemiddelde ventilatie	De ventilatie kan de concentratie beheersen, wat resulteert in een stabiele situatie. De concentratie buiten de zonegrens blijft beneden de onderste explosiegrens terwijl de gevaarbron actief is, en de ontplofbare atmosfeer blijft niet onnodig aanwezig nadat de ontsnapping gestopt is.
Zwakke ventilatie	De ventilatie kan de concentratie niet beheersen zolang de ontsnapping voortduurt en/of is niet in staat om te voorkomen dat een ontplofbare atmosfeer blijft bestaan nadat de ontsnapping gestopt is.

In de norm IEC 60079-10 wordt eveneens een methode aangehaald om een inschatting te kunnen maken van de intensiteit van de ventilatie. Met deze methode kan worden nagegaan of het debiet van de lekbron, in relatie tot de heersende ventilatie, al dan niet verwaarloosbaar klein is. Er moet opgemerkt worden dat het niet de bedoeling is om met deze methode de omvang van de zones te bepalen. Het berekenen van de omvang van een zone is een complexe aangelegenheid waarover IEC 60079-10 onvoldoende informatie verschaft. Men kan gebruik maken van dispersieberekeningen

om de omvang van de zones te bepalen. Die berekeningen dienen uiteraard goed gedocumenteerd te worden.

De beschikbaarheid van de ventilatie is een maat voor de tijd gedurende dewelke de ventilatie actief is. De drie niveaus van beschikbaarheid van de ventilatie worden in tabel 8.3 beschreven.

D. Bepalen van de aard van de zones

Uitgaande van de activiteit van de geïdentificeerde lekbronnen en van de ventilatieomstandigheden nabij de lekbron, kan het type van de zone rond de lekbron worden bepaald. In de norm IEC60079-10 zijn hiervoor praktische richtlijnen opgenomen voor mengsels van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel en lucht. Die richtlijnen zijn in tabel 8.4 samengevat.

Tabel 8.3 : Definitie van de niveaus van beschikbaarheid van ventilatie

Beschikbaarheid	Omschrijving
Goed	De ventilatie is praktisch continu aanwezig.
Middelmatig	De ventilatie wordt geacht aanwezig te zijn tijdens normale operaties. Onderbrekingen zijn toegelaten indien ze niet frequent voorkomen en slechts gedurende korte periodes.
Slecht	De ventilatie die niet aan de criteria van goede of middelmatige ventilatie voldoet, maar waarbij toch geen onderbrekingen voor een langere periode worden verwacht.

Tabel 8.4: De aard van de zones volgens de norm IEC60079-10

Activiteit lekbron	Ventilatiegraad						
	Hoog			Gemiddeld			Laag
	Beschikbaarheid						
	Goed	Middelmatig	Slecht	Goed	Middelmatig	Slecht	Goed, middelmatig of slecht
Continu	Zone 0 NE Niet gevaarlijk ¹⁾	Zone 0 NE Zone 2 ¹⁾	Zone 0 NE Zone 1 ¹⁾	Zone 0	Zone 0 + Zone 2	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Primair	Zone 1 NE Niet gevaarlijk ¹⁾	Zone 1 NE Zone 2 ¹⁾	Zone 1 NE Zone 2 ¹⁾	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 of Zone 0 ³⁾
Secundair ²⁾	Zone 2 NE Niet gevaarlijk ¹⁾	Zone 2 NE Niet gevaarlijk ¹⁾	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1 en zelfs Zone 0 ³⁾

¹⁾ Zone 0 NE, 1 NE of 2 NE duidt op een theoretische zone die onder normale omstandigheden een verwaarloosbare grootte ("Negligible Extent") heeft.

²⁾ Het zone 2-gebied veroorzaakt door een secundaire emissie kan zich buiten het gebied van een primaire of continue emissiebron uitstrekken. In dat geval moet de grootste afstand worden genomen.

³⁾ Dit zal een zone 0 zijn als de ventilatie zo zwak is en de emissie zodanig dat in de praktijk de explosieve atmosfeer zo goed als continu aanwezig is (benadering van een "geen ventilatie"- situatie).

OPMERKING: "+" betekent "omringd door".

E. Bepalen van de omvang (afmetingen en vorm) van de zone

Het gebied waar een explosief mengsel aanwezig is, strekt zich uit tot de plaats waar de brandbare stof door vermenging met de atmosfeer tot de onderste explosiegrens verdund is. Indien meerdere zones elkaar overlappen, dan wordt de zone met

het laagste rangnummer weerhouden. Tenzij zowel stof als gas/damp (hybride mengsel) aanleiding geven tot een zone, in dat geval wordt voor beide types zone het laagste rangnummer weerhouden. Een groot aantal factoren heeft een impact op de vorm en de uitgestrektheid van de zone. Voor de volledigheid worden deze factoren beschreven in tabellen 8.5 en 8.6.

Tabel 8.5: Invloedsfactoren op de omvang en de vorm van de zones voor dampen, gassen en nevels

Invloedsfactoren	Toelichting
Onderste explosiegrens	Hoe kleiner de onderste explosiegrens, hoe uitgestrekter de zone zal zijn. Theoretisch kan er geen explosie plaatsgrijpen bij concentraties hoger dan de bovenste explosiegrens. Toch wordt een conservatieve houding aangenomen en wordt de gehele zone vanaf de gevaarbron tot aan de rand van de onderste explosiegrens als gevaarlijke ruimte beschouwd.
Relatieve gas-/dampdichtheid ten opzichte van lucht	Wanneer de dichtheid van de in de atmosfeer geloosde brandbare stof groter is dan deze van lucht, dan zal deze naar beneden uitzakken en zal de gevaarzone vooral tegen de bodem uitgestrekt zijn en aanwezig zijn in eventuele diepere zones, zoals putten en goten. Wanneer de dichtheid kleiner is dan deze van lucht, dan zal de vrijzetting opstijgen en in gesloten ruimten zal de gevaarlijke zone vooral tegen de zoldering uitgestrekt zijn (tenzij er voldoende ventilatie).
Dampspanning van de vloeistof	De verdampingsgraad van een vloeistof is afhankelijk van de verhouding tussen de dampspanning van de vloeistof en de druk van het milieu erboven aanwezig. Hoe groter de verhouding, hoe groter het verdampingsdebiet en dus hoe groter de hoeveelheid brandbare stof in de dampfase. Hierdoor zal de uitgestrektheid van de zone toenemen. Daarnaast is de dampspanning functie van de temperatuur van de vloeistof. Bij een temperatuursverhoging stijgt de dampspanning van een vloeistof en dus ook de uitgestrektheid van de zone. Indien de vloeistof temperatuur na het vrijkomen kan stijgen (bijvoorbeeld door contact met een heet oppervlak), dan moet hiermee rekening worden gehouden.
Lekdebiet van de gevaarbron	Het lekdebiet van de gevaarbron is evenredig met de lozingsnelheid. Deze laatste wordt onder andere bepaald door de druk waarbij de brandbare stof aanwezig is. De lozingsnelheid heeft nog een bijkomende invloed op de afmeting van de zone: hoe groter het debiet, hoe groter de inzuiging van lucht (verkleinen van de zone), maar ook hoe groter de impulswerking van de vrijkomende stof (vergroten van de zone). Deze twee factoren moeten tegen elkaar worden afgewogen. Meestal kan worden gesteld dat voor gassen en dampen zwaarder dan lucht, de grotere inzuiging overheerst; en dat voor gassen en dampen, lichter dan lucht, de impulswerking overheerst. Voor vloeistoffen moet er eerst verdamping optreden alvorens een explosieve atmosfeer kan ontstaan. Voor vloeistoffen op een temperatuur beneden het kookpunt en op atmosferische druk geschiedt de verdamping hoofdzakelijk door vergassing aan het vloeistofoppervlak. Bijgevolg spelen de afmetingen van de vloeistofplas die wordt gevormd een belangrijke rol. Voor vloeistoffen op een temperatuur boven het atmosferisch kookpunt zijn er twee bronnen: de initiële (de vloeistof die onmiddellijk verdamp bij vrijzetting) en de afgeleide (de vloeistof die verdampt uit de gevormde vloeistofplas). Wordt de vloeistof vrijgezet als een nevel is er een zeer groot contactoppervlak, wat de verdamping sterk in de hand zal werken.
Ventilatie	Zoals hierboven al werd aangehaald, zullen de afmetingen van de zones verminderen bij toename van de ventilatie.
Aanwezigheid van hindernissen	De aanwezigheid van hindernissen in de nabijheid van de lekbronnen kan de ventilatie belemmeren (en dus de gevaarlijke zone vergroten). Hindernissen kunnen er echter ook voor zorgen dat de aanwezigheid van de brandbare stof beperkt blijft tot een bepaalde ruimte (bijvoorbeeld dijken, muren, ...).

Tabel 8.6: Invloedsfactoren op de omvang en vorm van de zones voor vaste stoffen

Invloedsfactoren	Toelichting
Onderste explosiegrens	Hoe kleiner de onderste explosiegrens, hoe uitgestrekter de zone zal zijn. Theoretisch kan er geen explosie plaatsgrijpen bij concentraties hoger dan de bovenste explosiegrens. Toch wordt een conservatieve houding aangenomen en wordt de gehele zone vanaf de gevaarbron tot aan de rand van de onderste explosiegrens als gevaarlijke ruimte beschouwd.
Grootte van de deeltjes	Naarmate de afmetingen van de deeltjes afnemen, zal de stofwolk stabielier zijn (minder snel neerslaan van de deeltjes) en dus de ruimte waarin een explosieve atmosfeer aanwezig is vergroten. Daarnaast vergroot de ontstekingsgevoeligheid als de deeltjes in afmeting afnemen.
Ventilatie	Eenzijds zal een grotere graad van ventilatie een stofwolk sneller verdunnen tot de onderste explosiegrens en dus de zone verkleinen. Anderzijds is het mogelijk dat rondzwerfend stof verder wordt meegevoerd vooraleer het neerslaat op een oppervlak. Hierdoor zullen zowel het aantal als de afmetingen van de gevaarbronnen groter worden, hetgeen dus een vergroting van de gevaarlijke zone tot gevolg kan hebben.

Om de afmetingen en de vorm van de zones te bepalen, moeten in principe alle factoren die hierop een invloed hebben op een oordeelkundige manier worden onderzocht. Zowel het debiet van de gevaarbron als de verspreiding en de verdunning van de vrijgekomen brandbare stof kunnen worden bepaald door berekening, meting of schatting. Maar dit voor iedere gevaarbron afzonderlijk uitvoeren, vergt een enorme inspanning en is in de meeste gevallen praktisch gezien niet haalbaar.

Er bestaan verscheidene normen en codes van goede praktijk die een zone-indeling geven voor een aantal typegevallen. Die normen en codes van goede praktijk kunnen worden gebruikt voor de indeling van de gevaarlijke ruimten in zones, maar ze moeten wel op een oordeelkundige manier worden toegepast. De omvang van de zones wordt door een aantal factoren bepaald; de praktische invulling hiervan kan verschillen van de ene tot de andere norm of code van goede praktijk. Daarnaast wordt niet met iedere factor in detail rekening gehouden en kan niet altijd uit de norm of de code van goede praktijk worden afgeleid met welke factoren al dan niet rekening wordt gehouden. Aangezien een bepaalde norm of code van goede praktijk niet met alle factoren rekening houdt, is de omvang van de zone doorgaans conservatief gekozen.

Bij het gebruik van normen of codes van goede praktijk is consequentie zeer belangrijk. Het mengen van verschillende normen om de zones tot een minimum te beperken, is geen aanvaardbare praktijk. Indien men toch afwijkt van een gekozen norm of code van goede praktijk, dan moet duidelijk gearchtueerd worden waarom dit noodzakelijk is.

8.3.2 Zones in opvangsystemen

In opvangsystemen, zoals inkuipingen, opvangputten, afvoergoten en afvoerkanalen, kunnen explosieve atmosferen gevormd worden indien er stoffen in terecht komen bij temperaturen boven het vlampunt. Voor de eenvoud zullen we verder spreken van "brandgevaarlijke stoffen". Of in een opvangsysteem brandgevaarlijke stoffen terecht kunnen komen, hangt uiteraard in de eerste plaats af van de inhoud van de installatieonderdelen waarvan lekken worden opgevangen en afgevoerd. Daarnaast moet men ook rekening houden met de mogelijkheid dat stoffen in opvangsystemen terecht kunnen komen bij het drainen of het reinigen van de onderdelen en bij bepaalde onderhoudswerken.

8.3.3 Zones door stofophopingen

Ophopingen van stof doen zich doorgaans voor in zones met beperkte ventilatie. Een plotse luchtverplaatsing kan de stofdeeltjes in de lucht verspreiden en aanleiding geven tot een explosieve stofwolk (uiteraard afhankelijk van de eigenschappen van het poeder).

Een typisch scenario is een beperkte explosie die de afgezette stoflagen doet opwaaien, waardoor een grote stofwolk ontstaat. Die wordt dan ontstoken door de hete resten van de eerste explosie.

Voor de identificatie van deze bronnen van explosiegevaar kan men vertrekken van een overzicht van alle plaatsen (lokale ruimten) waarin explosieve poeders aanwezig zijn. Voor elke plaats kan dan geëvalueerd worden of er ophopingen van poeders kunnen ontstaan. Door periodieke reini-

gingen moet men uiteraard de ophoping van poeders zo veel mogelijk beperken.

8.3.4 Zoneringstekeningen

In het AREI is de verplichting opgenomen om de geografische afmetingen van de zones aan te brengen op één of meerdere zoneringsplannen. Er moet ook een zoneringsverslag opgesteld worden waarin de gegevens vermeldt worden waarop de vaststelling van de zones en hun uitgestrektheid gesteund zijn. Dit verslag moet een verantwoording geven van de aard en vorm van de zones.

Als een installatie op erg veel plannen wordt weergegeven, dan worden de installatieonderdelen best gegroepeerd in logische gehelen die op één of meerdere bij elkaar horende plannen zijn terug te vinden. In plaats van een algemene oplijsting van de bijhorende plannen per installatieonderdeel wordt die oplijsting dan best opgesplitst voor deze logische gehelen. Op die manier kunnen installatieonderdelen steeds vlot op de plannen worden teruggevonden.

Hier wordt gesproken van plannen, aangezien één plan meestal niet volstaat om een duidelijk beeld te krijgen van de zones. Hiervoor is zeker een bovenaanzicht nodig en één of meerdere zijaanzichten (doorsneden). Tevens is ook een overzichtsplan van belang. Het kan zijn dat in een bepaalde installatie geen lekbronnen aanwezig zijn, maar dat de zone van een lekbron van een andere installatie zich uitstrekt tot in die installatie. Het is van belang om hier een beeld van te hebben i.v.m. mogelijke ontstekingsbronnen in die installatie.

Naast het feit dat het weergeven op een plan een verplichting blijft in het kader van het AREI, geeft het ook op een overzichtelijke manier weer waar welke zones aanwezig zijn. Dit is van belang als er bijvoorbeeld werken moeten worden uitgevoerd. Voor het uitvoeren van een risicoanalyse met betrekking tot die werkzaamheden is het belangrijk om te weten of de uit te voeren werkzaamheden al dan niet in een zone vallen, aangezien dit de te treffen maatregelen kan beïnvloeden.

8.4 Evaluatie van risico's en specificeren van maatregelen

Zoals hierboven toegelicht, zijn de eisen waaraan de apparaten die opgesteld staan in een zone, vastgelegd in de reglementering. We kunnen een onderscheid maken voor apparaten die respectievelijk voor en na 30 juni 2003 voor het eerst ter beschikking werden gesteld van de werknemers.

A. Apparaten in gebruik genomen voor 30 juni 2003

Apparaten die voor de eerste keer ter beschikking werden gesteld van de werknemers vóór 30 juni

2003 moeten voldoen aan bijlage II deel A van het KB Sociale Atex. Deze bijlage stelt ondermeer dat:

- aangetoond moet worden dat aan het gebruik ervan "geen explosiegevaar" verbonden is. De argumentatie hiervoor moet opgenomen worden in het explosieveiligheidsdocument
- alle nodige maatregelen moeten worden getroffen om ervoor te zorgen dat de arbeidsplaats, de arbeidsmiddelen en al de erbij horende verbindingstukken die ter beschikking van de werknemers worden gesteld op zodanige wijze ontworpen, gebouwd, gemonteerd en geïnstalleerd zijn, en worden onderhouden en bediend, dat het gevaar voor explosies tot een minimum beperkt wordt en dat, mocht er zich toch een explosie voordoen, de uitbreiding ervan binnen die arbeidsplaats en/of arbeidsmiddelen onder controle of tot een minimum beperkt blijft.

Deze voorschriften zijn erg algemeen. De Seveso-inspectiediensten bevelen aan om voor deze apparaten dezelfde werkwijze te volgen als voor apparaten in gebruik genomen na 30 juni 2003 waarvoor geen EG-verklaring van overeenstemming en/of CE-markering voorhanden zijn.

B. Apparaten in gebruik genomen na 30 juni 2003

Apparaten die voor het eerst in gebruik werden genomen na 30 juni 2003 (en daardoor dus ter beschikking werden gesteld van de werknemers) dienen in overeenstemming te zijn met de categorieën bepaald in het KB Economische Atex.

Wanneer deze apparaten vergezeld gaan van een EG-verklaring van overeenstemming, zoals bedoeld in bijlage 10 van het KB Economische Atex en voorzien zijn van de in artikel 13 van dit KB bedoelde CE-markering, waaruit blijkt dat ze tot de geschikte categorie behoren (overeenkomstig de zone), mag men ervan uitgaan dat het apparaat voldoet aan de eisen gesteld door het KB Economische Atex.

Indien een dergelijke EG-verklaring van overeenstemming en CE-markering niet beschikbaar zijn voor het apparaat (bijvoorbeeld omdat het door de werkgever zelf werd samengesteld of aangepast), dan moet de werkgever zelf een onderzoek uitvoeren naar de overeenstemming van het apparaat met de gewenste categorie.

Dit betekent dat men in de eerste plaats alle mogelijke ontstekingsbronnen in het apparaat identificeert. Hierboven werd een lijst van ontstekingsbronnen gegeven die als checklist kan gebruikt worden.

Vervolgens dient men het apparaat te toetsen aan de essentiële veiligheids- en gezondheidseisen betreffende het ontwerp en de bouw van apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen. Deze eisen zijn opgenomen in bijlage II van het KB Economische Atex. Een apparaat opgesteld in een zone moet zowel voldoen aan de algemene eisen die gesteld worden aan alle apparaten en die

beschreven zijn in deel 1 van de bijlage II, als aan de specifieke eisen in functie van de categorie, opgenomen in deel 2 van deze bijlage. Bij dit onderzoek kan men ook gebruik maken van de Europese norm EN 15198:2007 "Methodiek voor de risicobeoordeling van niet-elektrisch materieel en onderdelen bedoeld voor plaatsen waar ontplofingsgevaar kan heersen".

Voor de ontstekingsbronnen van elektrische aard, moet steeds voldaan zijn aan de voorschriften van het AREI. De conformiteit met het AREI moet blijken uit het gelijkvormigheidsonderzoek zoals voorgeschreven in de artikels 270 en 272 van het AREI.



9

Bescherming tegen brand

9.1 *Risico's van schade door brand*

9.1.1 Brandgevaarlijke stoffen

In dit hoofdstuk zullen we de term "brandgevaarlijke stoffen" gebruiken. We verwijzen hiermee naar stoffen die bij vrijzetting kunnen ontstoken worden.

Gassen zijn brandgevaarlijk als ze brandbaar zijn. Het brandgevaar wordt bepaald door de inherente eigenschappen van het gas.

Of een vloeistof al dan niet brandgevaarlijk is, hangt niet alleen af van de inherente eigenschappen van de stof, maar ook van de condities van druk en temperatuur waarbij ze aanwezig is in de installatie en zelfs van de omgeving waar de vloeistof vrijkomt.

Vloeistoffen met een vlampunt dat gelijk of lager is dan de omgevingstemperatuur zijn brandgevaarlijk. Bij onderdelen die binnen opgesteld staan, moet rekening gehouden worden met de temperatuur die effectief kan optreden in het betrokken gebouw of lokaal.

Eveneens als brandgevaarlijk te bestempelen zijn die vloeistoffen die aanwezig zijn in de installatie bij temperaturen boven hun vlampunt. Bij vrijzetting kan er immers voldoende verdamping

optreden om een explosieve dampconcentratie boven de vloeistof te doen ontstaan.

Tenslotte moet rekening gehouden worden met de aanwezigheid van hete oppervlakken waarop de vloeistof kan terechtkomen. Hete oppervlakken kunnen een dunne laag vloeistof makkelijk opwarmen en als de vlampunttemperatuur overschreden wordt, kan een ontsteking plaatsvinden.

9.1.2 Types van branden

A. Plasbrand

Wanneer een plas van een brandgevaarlijke vloeistof ontstoken wordt, spreken we van een plasbrand. Plasbranden kunnen ook ontstaan wanneer onder druk vloeibaar gemaakte gassen ontsnappen. Een deel van het gas zal verdampen en een andere fractie vormt een vloeistofplas.

Plasbranden kunnen, in functie van de geloosde hoeveelheden, lang duren en nabijgelegen onderdelen blootstellen aan een grote warmtestraling.

Als het lek ontstaat aan een onderdeel dat zich boven andere onderdelen bevindt, bijvoorbeeld in een open draagstructuur, dan zal de vloeistof over de ondergelegen schadedragers stromen. Bij ontsteking ontstaat een brand die de schadedrager volledig omhult. In het Engels wordt gesproken van "engulfing fires".

B. Fakkelbrand (jet fire)

Wanneer een brandgevaarlijke vloeistof of een brandbaar gas onder druk wordt vrijgezet door een relatief kleine opening, kan er bij ontsteking een fakkelbrand ontstaan ("jet fire").

Fakkelbranden geven aanleiding tot zeer grote warmtebelastingen in een relatief kleine zone.

C. Wolkbrand (flash fire)

Als een ontvlambare wolk ontstoken wordt, kan er een wolkbrand optreden ("flash fire") of een gaswolkexplosie ("vapour cloud explosion"). Welke van de twee fenomenen optreedt, is afhankelijk van de snelheid waarmee het vlamfront zich voortplant. Is deze snelheid relatief laag, dan treden er geen significante overdrukken op en spreken we van een wolkbrand. Bij hoge snelheden worden wel drukgolven gegenereerd en spreken we van een gaswolkexplosie. De versnelling van het vlamfront wordt bevorderd door turbulentie. Deze turbulentie kan het gevolg zijn van de interactie tussen het vlamfront en obstakels of kan aan de gaswolk meegegeven worden bij de vrijzetting, bijvoorbeeld in het geval deze explosief verloopt of plaatsvindt onder hoge druk.

Wolkbranden zijn van relatief korte duur. De thermische belasting die ze kunnen uitoefenen op uitrusting is doorgaans te klein om substantiële schade aan de installaties te veroorzaken. Mensen kunnen als gevolg van een wolkbrand wel ernstige tot zelfs dodelijke brandwonden oplopen.

Als een ontstoken wolk nog in verbinding staat met de lekbron, dan kan ter hoogte van de lekbron een fakkelbrand ontstaan.

D. Vuurbal

Een vuurbal is een intense, bolvormige brand die ontstaat wanneer een grote hoeveelheid ontvlambaar gas of een onder druk vloeibaar gehouden vloeistof wordt vrijgezet en onmiddellijk ontstoken wordt. Een vuurbal is een fenomeen dat typisch 5 tot 20 seconden duurt, waardoor de kans op brandschade aan uitrusting klein is. De impact op mensen kan wel dodelijk zijn.

Een bijzonder geval van een vuurbal is deze die optreedt bij een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Een BLEVE ontstaat in de meeste gevallen als gevolg van een brand rond een onderdeel met brandbare vloeibaar gemaakte gassen. Als gevolg van de hoge temperaturen kan de stalen wand van een onderdeel het op een explosieve wijze begeven, waarbij de druk in de houder wordt vrijgezet en er een onmiddellijke ontsteking optreedt van de vrijgezette gassen. Het schadepotentieel van dit fenomeen ten aanzien van de procesinstallatie is vooral te wijten aan de fragmenten die door het explosief begeven van de houder worden gegenereerd.

E. Vaste stof branden

Enkele voorbeelden van brandbare vaste stoffen die in een procesomgeving kunnen voorkomen zijn:

- verpakkingsmateriaal, paletten;
- gebouwen opgetrokken uit brandbare bouwmaterialen;
- vaste brandbare grondstoffen, tussenproducten of eindproducten;
- struiken, gras, bomen;
- isolatiemateriaal;
- brandbare metaalpoeders.

Isolatiematerialen hoeven niet altijd zelf uit brandbare materialen gemaakt te zijn om een brandrisico te vormen. Lekken van brandbare vloeistoffen in isolatiemateriaal kunnen aanleiding geven tot een isolatiebrand. Door de verspreiding van de vloeistof in het isolatiemateriaal wordt een zeer groot contactoppervlak gecreëerd waardoor de zelfontstekingstemperatuur drastisch verlaagd wordt.

9.1.3 Mogelijke schadedragers

A. Mensen

Warmteoverdracht naar mensen in de omgeving van een brand gebeurt voornamelijk via thermische straling. Blootstelling aan thermische straling kan leiden tot brandwonden en tot het smelten of ontbranden van kledij. Schade aan de huid kan reeds optreden vanaf ongeveer 45°C bij voldoende lange blootstelling. Bij meer dan 70°C treedt de schade zo goed als ogenblikkelijk op.

B. Installatieonderdelen

De omhulling van de meeste installatieonderdelen is gemaakt uit staal. Bij blootstelling aan hoge temperaturen kan de omhulling het begeven en de inhoud worden vrijgezet. Als de onderdelen brandgevaarlijke stoffen bevatten, zal de brand uitbreiden. Brandbare vloeibare gassen kunnen aanleiding geven tot een BLEVE en een vuurbal.

Sommige installatieonderdelen bevatten geen significante hoeveelheden gevaarlijke stoffen, maar vervullen wel een belangrijke ondersteunende rol. Denk hierbij aan persluchtcompressoren of aan scrubbers voor de behandeling van afgassen. Schade aan dergelijke onderdelen leidt dus niet onmiddellijk tot een nieuwe vrijzetting van gevaarlijke stoffen, maar kan toch gevolgen hebben voor de veiligheid en het milieu.

Naast vast opgestelde installatieonderdelen, moeten ook de risico's van brandschade aan tankwagens, spoorwagens, schepen en andere transportmiddelen onderzocht worden.

C. Draagstructuren

Draagstructuren zijn open constructies, doorgaans opgetrokken uit stalen balken of beton, waaraan installatieonderdelen zijn bevestigd. Stalen draag-

structuren zijn zeer kwetsbaar bij blootstelling aan brand en hittestraling.

Bij het onderzoek van een draagstructuur is het belangrijk dat elk element van de draagstructuur beschouwd wordt. Het is immers mogelijk dat sommige elementen wel en andere niet blootgesteld worden aan een significante brand. Grote draagstructuren kan men ten behoeve van de risicoanalyse opsplitsen in verdiepingen of in zones in functie van het brandgevaar.

D. Gebouwen

Op een bedrijfsterrein kunnen verschillende types van gebouwen voorkomen, zoals:

- administratieve gebouwen;
- controlekamers
- huisvesting van contractoren
- gebouwen met procesinstallaties
- opslagmagazijnen
- werkplaatsen
- pomphuisjes.

Gebouwen kunnen bedreigd worden door een brand in de omgeving of door een brand die in het gebouw zelf start.

De brand in een gebouw vormt een bedreiging voor de aanwezige mensen en voor de eventueel aanwezige installatieonderdelen en andere kritische uitrusting.

E. Kabelgoten

Kabels worden in installaties gebruikt voor de verdeling van elektrische energie en voor de controle en beveiliging. Vaak wordt deze bekabeling, die vertrekt vanuit een centrale plaats, geleid via kabelgoten naar verdere verdeelpunten in de installatie. Als deze bekabeling het begeeft, verliest men de elektrische energie en de controle over de getroffen delen van de installatie, wat op zich aanleiding kan geven tot vrijzettingen en een escalatie van de situatie.

F. Nutsvoorzieningen

Het verlies van nutsvoorzieningen zal uiteraard een impact hebben op de werking van de procesinstallatie. Of die impact al dan niet belangrijk is voor de veiligheid, zal voor elke nutsvoorziening bepaald moeten worden.

Typische nutsvoorzieningen zijn:

- elektrische onderstations
- transformatoren
- elektriciteitsgeneratoren
- persluchtseenheden
- koeltorens
- koelwaterleidingen.

9.2 Maatregelen om schade door brand te beperken

9.2.1 Veiligheidsafstanden

De locatie van onderdelen en hun onderlinge afstand zijn belangrijke maatregelen om schade door brand te beperken. Veiligheidsafstanden dragen op twee manieren bij tot het verminderen van het schadepotentieel van een brand:

- de thermische straling is omgekeerd evenredig met de derde macht van de afstand tot de brand
- de verspreiding van een brand via lekvloei-stof van het ene onderdeel naar het andere wordt bemoeilijkt.

Een extra voordeel van een grotere afstand tussen onderdelen is de bijkomende ruimte die gecreëerd wordt voor brandbestrijding.

Het toepassen van veiligheidsafstanden is vooral aan de orde bij de bouw van nieuwe installaties en nieuwe installatieonderdelen.

9.2.2 Brandschermen

Een eerste toepassing van brandschermen is het compartimenteren van gebouwen. Aan de vloeren, muren en plafonds wordt een bepaalde brandweerstand gegeven om de uitbreiding van de brand uit een lokaal tegen te gaan of tenminste te vertragen.

Een andere toepassing is het plaatsen van een muur of een scherm om bepaalde schadedragers af te schermen van de vlammen en de warmte-input van een mogelijke brand in de omgeving. Denk bijvoorbeeld aan het plaatsen van een muur tussen twee pompen of compressoren die naast elkaar staan opgesteld.

Brandschermen worden ook gebruikt om bundels elektrische kabels langs de onderkant te beschermen tegen brand. Doorgaans zijn deze brandschermen gemaakt van staal en worden ze beschermd door middel van waterkoeling of een brandwerende beschermlaag. Zonder actieve of passieve bescherming kunnen deze schermen slechts gedurende een beperkte tijd bescherming aan de kabelgoten bieden.

9.2.3 Brandwerende beschermlagen

Een brandwerende beschermlaag is een vorm van passieve bescherming die wordt aangebracht op of rond een oppervlak met de bedoeling om de warmteoverdracht naar dat oppervlak te beperken en zo de opwarming ervan te vertragen.

Een brandwerende beschermlaag kan worden aangebracht op metalen (doorgaans stalen) installatieonderdelen en op draagstructuren om ze langer hun integriteit te laten behouden in geval van blootstelling aan de hitte van een brand. Bij

hogere temperaturen verliest staal immers zijn sterkte. Toepassing van een brandwerende beschermlaag geeft dus extra tijd om de brand te bestrijden en te doven, voordat het onderdeel of de draagstructuur het begeeft. Een brandwerende beschermlaag kan ook worden gebruikt in combinatie met koeling met water.

Een brandwerende beschermlaag bewijst zijn waarde dus vooral in de beginfase van de brand en geeft tijd om maatregelen te treffen om de brand te bestrijden, zoals het afsluiten van de brandstof-toevoer naar de brand of de inzet van blusmiddelen.

Een essentieel kenmerk van een brandwerende beschermlaag is de brandweerstand (in het Engels: "Fire Resistance Rating"). Dit is de tijd gedurende welke de bescherming biedt. De brandweerstand is afhankelijk van het type en de dikte van de aangebrachte beschermlaag. De waarden liggen typisch tussen de 1 en de 4 uur.

Een brandwerende beschermlaag kan verschillende vormen aannemen. Enkele mogelijkheden zijn:

- brandwerende thermische isolatie, op zijn plaats gehouden door een stalen mantel
- isolerende panelen die mechanisch worden vastgemaakt op het te beschermen oppervlak
- betonlagen
- beschermlagen die zwellen bij blootstelling aan hitte en die op die manier een isolerende laag vormen
- beschermlagen die de warmte absorberen door te sublimeren of een chemische reactie aan te gaan
- brandwerende folies die rond het te beschermen oppervlak gewikkeld worden.

Elk van de opgesomde technieken heeft zijn voor- en nadelen. We verwijzen hiervoor naar de gespecialiseerde literatuur en de informatie die producenten van beschermingslagen ter beschikking stellen.

Thermische isolatie die enkel ontworpen is om warmteverliezen naar de omgeving te vermijden, heeft doorgaans geen brandwerende functie. Bovendien wordt dergelijke isolatie vaak op zijn plaats gehouden door een aluminium bekleding, die ook niet bestand is tegen brand.

Een brandwerende beschermlaag wordt ook gebruikt voor de bescherming van elektrische kabels en bedrading. Ook hier kan de beschermlaag verschillende vormen aannemen:

- brandbestendig kabelisolatiemateriaal
- brandbestendige beschermlagen die op de kabels worden gespoten
- brandwerende folies die rond de kabels worden gewikkeld.

Een belangrijk voordeel van deze beschermlagen is dat ze reeds aanwezig is op het ogenblik dat brand ontstaat. De betrouwbaarheid van passieve bescherming (op voorwaarde dat ze correct werd aangebracht) is veel groter dan deze van actieve bescherming.

9.2.4 Brandbestendige pakkingen

Brandbestendige pakkingen moeten verhinderen dat flensverbindingen bij blootstelling aan een brand snel gaan lekken.

Er zijn verschillende brandbestendige pakkingen op de markt die een "fire safe"-certificaat hebben, overeenkomstig dezelfde normen als deze die gehanteerd worden voor brandbestendige kleppen.

9.2.5 Waterkoeling

Het besproeien van een oppervlak met water heeft een koelend effect doordat het water een deel van de invallende warmte opvangt. Het water kan door zijn koelend effect ook bijdragen tot het blussen van de brand. In de meeste gevallen worden waterkoelsystemen niet ontworpen met de bedoeling de brand te blussen, maar om de integriteit van de schadedrager te behouden totdat de brand met andere middelen wordt gedoofd.

Waterkoeling kan gerealiseerd worden door vast opgestelde sproeisystemen, vast opgestelde waterkannonnen of met mobiele blusmiddelen. Vast opgestelde sproeisystemen hebben het voordeel dat ze veel sneller kunnen ingezet worden en dat ze niet vereisen dat mensen zich in de buurt van de brand begeven.

Tegen fakkelbranden kan enkel bescherming geboden worden door een brandwerende beschermlaag of gerichte waterstralen. Onbeschermd staal kan al na 10 minuten falen bij blootstelling aan een fakkelbrand. Dat legt een serieuze hypothese op de praktische toepasbaarheid van de bescherming door waterkoeling tegen fakkelbranden. Het is immers niet evident om binnen zo'n korte tijd de nodige mensen en middelen ter plaatse te brengen om de waterstralen aan te brengen.

Waterkoeling is een actieve maatregel waarvan de drie componenten zijn:

- detectie van de brand of van een ontvlambare atmosfeer
- beslissing om de waterkoeling in te zetten
- de werking van het watersproeisysteem.

De detectie van brand kan gebeuren door het personeel of door een automatisch detectiesysteem. Automatische detectie laat toe om automatisch de waterkoeling te activeren. Een alternatief is het geven van een alarm en de activering door het personeel.

Automatische activering heeft de snelheid als voordeel. Een menselijke tussenkomst kan aangewezen zijn wanneer door een beperkte watervoorraad of pompcapaciteit verspilling van water vermeden moet worden.

Een automatisch detectiesysteem kan gebaseerd zijn op de detectie van een explosieve atmosfeer of op de detectie van de brand. De detectie van een explosieve atmosfeer heeft als voordeel dat men preventief kan optreden. Het nadeel is dat als de brand ontstaat voordat een explosieve atmosfeer gedetecteerd werd, de automatische detectie

ineffectief is geworden. De detectie van brand kan gebeuren op verschillende manieren: via de geproduceerde straling (infrarood of ultraviolet), via de geproduceerde warmte (bijvoorbeeld via de smeltkoppen in een sprinklerinstallatie) of via de ontwikkelde rook.

9.2.6 Brandbestrijding

Brandbestrijding kan enkel als een beschermende maatregel beschouwd worden, indien de brandbestrijding in staat is het vuur te doven alvorens de schadedrager het begeeft. Bij een schadedrager die beschermd is door een brandwerende bescherm laag heeft men in principe meer tijd om te blussen dan bij een onbeschermd schadedrager. Brandbeschermende lagen bieden echter niet gedurende onbeperkte tijd bescherming en zij kunnen slechts als effectief beschouwd worden indien men erin slaagt de brand te doven binnen de tijd dat ze bescherming bieden.

Maatregelen om brand te bestrijden zijn actieve maatregelen. Opdat deze maatregelen hun veiligheidsfunctie zouden vervullen, moeten de volgende componenten er altijd deel van uitmaken:

- detectie van brand
- de beslissing om blusmiddelen in te zetten
- het inzetten van de blusmiddelen.

Voor wat betreft de detectie van brand en de beslissing om blusmiddelen in te zetten, verwijzen we naar de uitleg over waterkoeling.

Voor het blussen van branden van brandgevaarlijke vloeistoffen of gassen zullen vast opgestelde watersproeisystemen in de meeste gevallen niet toereikend zijn. Watersproeisystemen dienen in de eerste plaats om onderdelen te koelen. Daarnaast zal het water ook brandende lekvloeistof wegspoelen van de schadedrager. Om de brand effectief te blussen zal doorgaans de inzet nodig zijn van blusschuim, bluspoeders of de massale inzet van water tijdens de manuele brandbestrijding.

9.3 Identificatie van risico's van brandschade

9.3.1 Identificatie van de schadedragers

De bedoeling van de analyse die we hier beschrijven is te bepalen welke maatregelen genomen moeten worden om de schade door brand te beperken. We voeren deze analyse uit voor elk van de mogelijke schadedragers. De analyse start dus met het identificeren van de schadedragers. Hierboven hebben we reeds een overzicht gegeven van de belangrijkste types van schadedragers.

Mensen

Als mogelijke schadedrager kan men identificeren:

- Mensen die een bepaalde taak uitvoeren waarbij ze een verhoogd risico lopen op blootstelling aan brand, zoals bijvoorbeeld het uitvoeren van manipulaties waarbij licht

ontvlambare vloeistoffen of pyrofore stoffen kunnen vrijkomen.

- Mensen aanwezig in bepaalde zones waar een verhoogd risico bestaat op brand; bijvoorbeeld mensen tewerkgesteld in installaties.

Installatie-onderdelen

Men zou een selectie kunnen maken van installatieonderdelen op basis van de aard en de hoeveelheid van de aanwezige stoffen. De bescherming tegen brand is vooral aan de orde voor onderdelen die bij falen in een brand zouden zorgen voor een belangrijke escalatie van de brand of die zouden zorgen voor een belangrijk bijkomend risico, zoals risico's op intoxicatie of milieuverontreiniging.

Draagstructuren

Wanneer een draagstructuren het begeeft, betekent dit doorgaans een belangrijke escalatie van de noodsituatie. Het is daarom aangewezen om alle draagstructuren te beschouwen in de analyse. Voor zeer grote draagstructuren kan men overwegen om ze op te delen in verschillende secties (bijvoorbeeld per verdieping).

Gebouwen

Gebouwen waarin brandgevaarlijke stoffen worden opgeslagen of verwerkt, zijn in ieder geval te onderzoeken.

Of andere gebouwen als schadedrager in de analyse worden weerhouden is vooral functie van de nabijheid van (externe) bronnen van brandgevaar en de functie van het gebouw (de bezettingsgraad, de aanwezigheid van kritische apparatuur).

Kabelgoten

Een onderzoek naar de mogelijke brandschade op kabelgoten veronderstelt dat men deze kabelgoten identificeert. Desgevallend kan men een kabelgoot opdelen in de verschillende delen, in functie van het traject. Zo zou men een onderscheid kunnen maken tussen het deel van de kabelgoot die door een installatie loopt en het deel buiten de installatiegrenzen.

Nutsvoorzieningen

Of een onderzoek naar mogelijke schade door brand aan een bepaalde nutsvoorziening moet uitgevoerd worden, hangt af van de impact op de veiligheid van het falen van de nutsvoorziening.

9.3.2 Identificatie van bronnen van brandgevaar

De volgende stap in de analyse is het identificeren van de bronnen van brandgevaar voor elke schadedrager.

A. Bronnen van brandgevaar voor installatieonderdelen

Elk installatieonderdeel dat brandgevaarlijke stoffen bevat, moet beschouwd worden als een bron van brandgevaar voor zichzelf. Een beperkt lek van brandgevaarlijke stoffen kan aanleiding geven tot een brand en brandschade waardoor nieuwe vrijzettingen ontstaan of waarbij het bestaande lek wordt uitgebreid.

Andere mogelijke bronnen van brandgevaar zijn installatieonderdelen met brandgevaarlijke stoffen en bronnen van vaste stofbranden die zich in de nabijheid bevinden. Uiteraard vormen verplaatsbare houders (vaten, bussen, ...), transportrecipiënten (vrachtwagens, spoorwagens, schepen) en pijpleidingen met brandgevaarlijke stoffen ook een bron van brandgevaar.

Bronnen van brandgevaar waarvan het duidelijk is dat ze geen aanleiding kunnen geven tot een brand die kan leiden tot het falen van de schadedrager (door de beperkte hoeveelheid brandstof of de grote afstand), hoeven uiteraard niet weerhouden te worden.

Bronnen van brandgevaar in de omgeving van de schadedrager die niet met zekerheid kunnen uitgesloten worden, moeten in de analyse verder meegenomen worden. Ofwel gaat men er conservatief van uit dat ze aanleiding kunnen geven tot een destructieve brand, ofwel kan men via een meer gedetailleerde analyse van brandscenario's uitsluitel zoeken.

B. Bronnen van brandgevaar voor draagstructuren

Mogelijke bronnen van brandgevaar voor draagstructuren moeten in de eerste plaats gezocht worden in de structuren zelf. Als er in de structuur installatieonderdelen aanwezig zijn met brandgevaarlijke stoffen, dan kan een lek aanleiding geven tot een plasbrand of een fakkelbrand die de draagstructuur bedreigt.

Lager gelegen verdiepingen kunnen blootgesteld worden aan een plasbrand op de begane grond. In het geval de vloeren van verdiepingen zijn uitgevoerd met roosters, dan zal de lekvloeistof van een hoger gelegen deel door de roosters naar beneden stromen en op lager gelegen onderdelen of het grondoppervlak terecht komen. Plasbranden zijn dan enkel te verwachten op het grondniveau. In geval van volle vloeren zijn plasbranden op de verdiepingen wel mogelijk. Lekken van brandgevaarlijke vloeistoffen kunnen op een hoger niveau ook aanleiding geven tot een driedimensionale brand of tot een fakkelbrand.

Bronnen van brandgevaar zoals installatieonderdelen met brandgevaarlijke stoffen of brandbare vaste stoffen kunnen zich ook in de externe omgeving van de draagstructuur bevinden.

C. Bronnen van brandgevaar voor gebouwen

Net zoals voor draagstructuren, kunnen de bronnen van brandgevaar zich zowel in als buiten het gebouw bevinden.

Alle installatieonderdelen met brandgevaarlijke stoffen die in een gebouw staan opgesteld, evenals alle vaste brandbare stoffen moeten weerhouden worden als bronnen van brandgevaar.

D. Bronnen van brandgevaar voor elektrische bekabeling

Schade aan elektrische kabelbanen kan veroorzaakt worden door:

- plasbranden van lekvloeistof onder de kabelgoten
- branden in de nabijheid van kabelbanen
- brandende lekvloeistof die van bovenaf op de kabelgoten drupt
- een brand die ontstaat in de kabelgoten zelf, bijvoorbeeld als gevolg van overbelasting en oververhitting.

Een eenvoudige en conservatieve benadering is om te veronderstellen dat secties van kabelgoten die door een installatie met brandgevaarlijke stoffen lopen, in hun geheel blootgesteld zijn aan brandgevaar.

E. Bronnen van brandgevaar voor mensen

Men kan een onderscheid maken tussen enerzijds algemene risico's van brand die betrekking hebben op een bepaalde zone en anderzijds specifieke risico's eigen aan het uitvoeren van een bepaalde taak.

De kans op een brand in bepaalde zones stijgt naarmate er meer brandgevaarlijke stoffen aanwezig zijn. Zo nodig kan men een onderscheid maken tussen verschillende zones in het bedrijf waar, in functie van het risico op brand, andere beschermingsmaatregelen gelden voor het personeel.

Indien bij het uitvoeren van een manuele taak brandgevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen, dan wordt de uitvoerder aan een verhoogd brandrisico blootgesteld. Hij bevindt zich in de onmiddellijke nabijheid van een mogelijke brandhaard en kan in bepaalde gevallen brandbare vloeistoffen over zich heen krijgen. Voorbeelden van taken met een verhoogd brandrisico voor de uitvoerder zijn het loskoppelen van flexibels voor de transfer van licht ontvlambare stoffen of het nemen van stalen uit onderdelen met brandgevaarlijke stoffen. Een bijzonder geval zijn de manipulaties met pyrofore stoffen waarvoor zeer specifieke brandbeschermende kledij dient gebruikt te worden.

9.3.3 Identificatie van representatieve brandscenario's

De noodzaak om brandscenario's te identificeren en de wijze waarop dit dient te gebeuren, afhankelijk van de criteria die men hanteert om brandbeschermende maatregelen te treffen. Wanneer een beslissing omtrent de bescherming van een schadedrager kan genomen worden op basis van het brandgevaar, is het opstellen en uitwerken van gedetailleerde brandscenario's niet vereist.

Codes van goede praktijk bevelen over het algemeen brandbeschermende maatregelen aan in functie van de aanwezigheid van bronnen van brandgevaar of in functie van een kwalitatieve en conservatieve inschatting van het brandrisico.

Men kan ook een meer gedetailleerde analyse uitvoeren waarbij brandscenario's worden gedefinieerd. Deze scenario's kunnen zo nodig kwantitatief worden uitgewerkt met behulp van mathematische modellen.

Een combinatie van verschillende beslissingscriteria is mogelijk, waarbij men eerst zoveel mogelijk beslissingen neemt op basis van het brandgevaar. Als dit criterium geen beslissing toelaat over het beschermen van een schadedrager, kan men overgaan tot meer gedetailleerde technieken, die moeilijker en duurder zijn en een specifieke expertise vergen.

Bij de uitwerking van een brandscenario start men doorgaans met het optreden van een lek van brandgevaarlijke stoffen uit een onderdeel. Afhankelijk van de aard van de vrijzetting en van de verspreiding, kan dit aanleiding geven tot een plasbrand, een fakkelbrand of een driedimensionale brand. Voor plasbranden en fakkelbranden zijn de positie en de afstand van de brand tot de schadedrager belangrijk.

Indien het de bedoeling is om de schadedrager langs alle zijden op dezelfde wijze te beschermen, kan het volstaan om enkel de grootste vrijzetting te onderzoeken die aanleiding geeft tot de grootste en meest nabije vloeistofplas. Indien de schadedrager (bijvoorbeeld een draagstructuur) langs meerdere zijden bedreigd kan worden door een plasbrand, dan moet voor elke zijde de grootste vrijzetting geselecteerd worden.

Voor fakkelbranden is de oriëntatie van de vlam ten opzichte van de schadedrager van belang voor de brandschade. Indien het de bedoeling is om de schadedragers enkel te beschermen in de mogelijke impactzone, moeten de vrijzettingen langs alle bedreigde zijden onderzocht worden. Voor elke zijde weerhoudt men dan de grootste vrijzetting (die in principe aanleiding geeft tot de grootste vlam).

In bepaalde gevallen kan een kwalitatieve uitwerking van de scenario's voldoende zijn om te besluiten dat er schade zal optreden. Wanneer dit niet het geval is, dan kan een kwantitatieve uitwerking vereist zijn.

De kwantitatieve uitwerking houdt in dat men een inschatting maakt van de hoeveelheden brandgevaarlijke stoffen die worden vrijgezet en van de wijze waarop ze worden verspreid. De brand wordt gekenmerkt in termen van vlamtemperatuur, vlamhoogte, duurtijd en afstand tot de schadedrager. Op basis hiervan kan men dan de warmteoverdracht berekenen naar de schadedragers. Voor installatieonderdelen wordt daarbij rekening gehouden met het koelend effect van de aanwezige stoffen. Op basis van de temperatuur die een blootgestelde omhulling, een draagstructuur, een procesgebouw of een bundel elektrische kabels bereikt, kan bepaald worden of deze schadedragers het al dan niet zullen begeven.

De kwantitatieve uitwerking van brandscenario's vergt de nodige kennis en expertise, die in vele gevallen niet aanwezig is binnen het bedrijf, maar extern moet aangekocht worden. De kostprijs van dergelijke analyses is dus niet onbelangrijk. Het is wellicht zowel vanuit financieel als vanuit praktisch oogpunt niet mogelijk om elke schadedrager op dergelijke wijze te analyseren.

9.4 Evalueren van de risico's en specificeren van maatregelen

9.4.1 Algemeen principe

Verschillende soorten criteria worden gehanteerd om te beslissen over brandbeschermende maatregelen:

- op basis van het brandgevaar
- op basis van het schadepotentieel van een brandscenario
- op basis van het risico, d.w.z. de kans en de ernst van de schade.

Er zijn heel wat aanbevelingen te vinden met betrekking tot brandbeschermende maatregelen in de procesindustrie. Twee toonaangevende Amerikaanse organisaties in dat verband zijn het American Petroleum Institute (API) en de National Fire Protection Association (NFPA). Verder kan men aanbevelingen vinden in codes van goede praktijk voor de opslag en verlading van brandgevaarlijke vloeistoffen en gassen.

Sommige brandverzekeraars hebben eigen aanbevelingen en criteria opgesteld.

In de Belgische wetgeving kan men voorschriften vinden omtrent de bescherming van gebouwen en lokalen met brandgevaarlijke stoffen, zoals in:

- artikel 52 van het ARAB
- het koninklijk besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen (reeds meerdere malen gewijzigd).

Deze aanbevelingen en reglementaire voorschriften worden voornamelijk geformuleerd in functie van het brandgevaar. Ze zijn echter het resultaat van talloze incidenten die zich in de procesindustrie hebben voorgedaan en in die zin houden ze wel rekening met de kans op het optreden van brand.

De ervaring heeft aangetoond dat het optreden van branden in procesinstallaties waarin brandgevaarlijke stoffen aanwezig zijn een realistisch scenario is en dat brandbeschermende maatregelen zinvol zijn. De Seveso-inspectiediensten verwachten dat een Sevesobedrijf een studie uitvoert naar deze ervaringsgegevens en de toepassing ervan in het bedrijf grondig evalueert.

Indien deze criteria op basis van het brandgevaar niet toelaten om tot een beslissing te komen, kan het nodig zijn om brandscenario's te identificeren en kwantitatief uit te werken. Als er geen noemenswaardige schade is, zijn er geen brandbeschermende maatregelen nodig. Indien er wel schade is, dan kan men zich conservatief opstellen en schadebeperkende maatregelen treffen, abstractie nemend van de kans dat het scenario zich voordoet.

Het is mogelijk dat ook deze werkwijze geen bevredigende basis vormt voor het nemen van een beslissing. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer de kosten van de brandbeschermende maatregelen zeer aanzienlijk zijn in verhouding tot de schade die kan verwacht worden. In die gevallen, die in principe eerder zeldzaam zijn, kan het nodig zijn om de kans van het scenario in te schatten. Het risico kan uitgedrukt worden op verschillende wijzen: via een risicoklasse, als een individueel risico of als een groepsrisico.

In de praktijk kunnen verschillende criteria toegepast worden voor verschillende situaties. De meest aangewezen aanpak is deze waarbij men zoveel mogelijk beslissingen neemt op basis van codes van goede praktijk en meer gedetailleerde, duurdere en tijdrovende analyses enkel toepast voor die situaties waarin de meer eenvoudige beslissingscriteria onvoldoende uitsluitel geven.

9.4.2 Selectie van aanbevelingen

Hieronder worden enkele aanbevelingen overgenomen uit de literatuur. Tenzij anders vermeld, komen ze uit het referentiewerk "Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities" van CCPS. Dit werk is gebaseerd op de publicaties van het American Petroleum Institute (API), de National Fire Protection Association (NFPA) en tal van andere publicaties.

De bedoeling van het overzicht dat hieronder gegeven wordt, is om een idee te geven van het soort aanbevelingen dat men in codes van goede praktijk kan vinden. Het is niet de bedoeling om een synthese te geven van de belangrijkste codes. Het is evenmin de bedoeling om de hier geformuleerde aanbevelingen een meer "bindend" karakter te geven dan andere aanbevelingen. De aanbevelingen hieronder zijn overigens geen letterlijke en volledige weergaven van de bronteksten. Wie met deze aanbevelingen aan de slag wil, raden wij dan ook aan om de oorspronkelijke teksten te raadplegen waarin men meer details en nuances zal vinden.

A. Bescherming van procesvaten

Voor procesvaten, zoals kolommen, scrubbers en reactoren, die een "significante" hoeveelheid brandgevaarlijke stoffen bevatten, zou een combinatie van actieve en passieve brandbescherming overwogen moeten worden in aanvulling van de manuele brandbestrijdingsmiddelen.

Gedetailleerde richtlijnen kan men vinden met betrekking tot de delen van procesvaten die bescherming vereisen en het debiet dat nodig is voor waterkoeling.

Er wordt aanbevolen om de verticale en horizontale dragende stalen balken te beschermen met een brandwerende laag tot ongeveer 10 meter hoogte.

Voor de ondersteuning van zelfdragende torens, kolommen en soortgelijke installatieonderdelen met brandgevaarlijke stoffen, wordt het volgende aanbevolen:

- bescherming van de buitenkant van de cilindervormige ondersteuning en de verankeringsbouten door middel van een brandwerende beschermlaag met een brandweerstand van minstens 1,5 uur
- bescherming van de binnenkant van de cilindervormige ondersteuning met meerdere openingen of één grote opening (met diameter 0,5 m) met waterkoeling of een brandbeschermende laag; ondersteunende schorten met slechts 1 opening en minder dan 1,2 m diameter dienen niet beschermd te worden.

B. Bescherming van warmtewisselaars

Warmtewisselaars opgesteld op de begane grond of op een volle vloer, die blootgesteld kunnen worden aan een brand ten gevolge van een lek, worden vaak voorzien van betonnen ondersteuning om een maximale brandweerstand te bieden.

In het geval de stalen ondersteuning van warmtewisselaars meer dan 30 cm hoog zijn, zou de ondersteuning beschermd moeten worden met een brandwerende beschermlaag of waterkoeling.

Wanneer warmtewisselaars geplaatst worden bovenop andere installatieonderdelen, gelden doorgaans de criteria voor brandbescherming die gelden voor het onderdeel waarop de warmtewisselaar geplaatst is.

"Shell-and-tube"-warmtewisselaars die blootgesteld kunnen worden aan externe brand, en waarbij de vloeistof aan de schelpzijde weinig warmte kan opnemen, zouden voorzien moeten worden van een waterkoeling of van een brandwerende beschermlaag. Thermische isolatie kan slechts dienst doen als beschermlaag tegen brand indien ze daar speciaal voor ontworpen werd.

C. Bescherming van pompen

Waterkoeling wordt aanbevolen voor pompen die de volgende producten verpompen:

- LPG en LNG
- koolwaterstoffen bij temperaturen boven de 260°C
- koolwaterstoffen bij drukken van meer dan 35 barg
- koolwaterstoffen bij temperaturen boven hun zelfontstekingstemperatuur
- vloeistoffen bij temperaturen boven hun vlampunt
- vloeistoffen met een vlampunt lager dan 38°C.

De sproeikoppen moeten zodanig geplaatst worden dat alle te beschermen delen goed worden besproeid. Dit omvat onder meer het pomphuis, de flenzen in de aanzuig- en persleiding, de pomppakkingen en de circulatieleidingen.

Pakkingloze pompen vereisen geen waterkoeling.

D. Bescherming van compressoren

Aanvullend op de voorzieningen voor manuele brandbestrijding moet een watersproeisysteem overwogen worden voor compressoren in de volgende omstandigheden:

- wanneer nabijgelegen uitrusting brandgevaarlijke gassen of vloeistoffen verwerkt;
- voor compressoren met een vermogen van 112 kW (150 HP) of meer die brandbare gassen verpompen
- voor compressoren met een extern smeercircuit met een oliedebiet van meer dan 95 liter per minuut (25 gpm) of een olievolume van meer dan 378 liter (100 gal).

Met betrekking tot het laatste punt, dient opgemerkt dat het smeeroliesysteem van compressoren, ook indien deze geen brandgevaarlijke gassen verpompen, een reëel brandgevaar kan vertegenwoordigen.

Watersproeisystemen zijn sterk aanbevolen voor compressoren in een afgesloten behuizing.

Wanneer compressoren worden opgesteld in een lokaal met sprinklers moet het besproeide oppervlak zich 6 meter rondom de compressor uitstrekken en elk deel van het smeeroliesysteem bedekken.

E. Bescherming van atmosferische opslagtanks

Voor atmosferische opslagtanks worden aanbevelingen gegeven voor de installatie van schuimblusinstallaties. Zowel manuele als vast opgestelde schuimblusinstallaties worden in aanmerking genomen.

Parameters die een rol spelen bij de beslissing om een schuimblusinstallatie te voorzien, zijn het type van het dak, de diameter van de tank en het vlampunt en de temperatuur van de opgeslagen

stoffen. Het specificeren van al deze criteria zou ons hier te ver leiden.

F. Bescherming van opslagtanks onder druk

Zonder de koeling van een watersproeisysteem mag verwacht worden dat een drukvat, waarvan het vloeistofniveau aanzienlijk onder de hoogte van de vlammen ligt, kan falen binnen enkele minuten als gevolg van de verzwakking van de wand.

API Publicatie 2510 "Fire Protection Considerations for the Design and Operation of Liquefied Petroleum Gas Storage Facilities" geeft aan dat vaten die blootgesteld worden aan een hittestraling van meer dan 22 kW/m² (7000 BTU/hr.ft²) beschermd moeten worden om falen ten gevolge van blootstelling aan hoge temperatuur te vermijden.

Waterkoeling biedt bescherming tegen plasbranden en heeft een dubbel effect:

- het water zorgt voor externe koeling door het opnemen van de invallende warmte
- de koeling beperkt de verdamping en het verlies van product via de dampfase, waardoor het vloeistofniveau minder snel zakt en de omhulling gedurende langere tijd beschermd wordt door het koelend effect van de vloeistof in de houder.

Watersproeisystemen dienen de volledige oppervlakte van de drukhouder te beschermen, inclusief de onderkant, evenals de ondersteuning.

Een alternatief voor watersproeisystemen is een brandwerende beschermklaag. Een brandweerstand van 2 uur wordt aanbevolen. Er wordt dan wel verondersteld dat de brand binnen deze termijn kan geblust worden of dat mobiele koeling kan ingezet worden. Passieve bescherming heeft als voordeel dat het ook bescherming biedt tegen fakkelbranden.

Een andere vorm van passieve bescherming die steeds vaker gebruikt wordt, is het bedekken van de opslagtanks met een aardelaag of het ingraven van de tanks. De voordelen van deze vorm van brandbescherming moeten afgewogen worden tegen de nadelen, zoals de risico's van corrosie en de beperkingen op vlak van inspectie.

Verdere richtlijnen voor de beheersing van brandrisico's voor opslag onder druk kan men vinden in :

- NFPA 58, "Liquefied Petroleum Gas Code"
- NFPA 59, "Utility LP-Gas Code".

G. Bescherming van kabelgoten

NFPA 15 geeft richtlijnen over de bescherming van kabelgoten die blootgesteld kunnen worden aan plasbranden of branden van lekkende vloeistof. Bijkomende richtlijnen voor zeer grote kabelbanen kunnen gevonden worden in NFPA 850, Appendix C-4, "Grouped Cable Fire Tests".

Blootstelling aan brand mag verwacht worden op die plaatsen waar brandgevaarlijke vloeistoffen en brandbare gassen aanwezig zijn, zoals:

- in draagstructuren of zones met onderdelen met brandgevaarlijke stoffen
- in de nabijheid van branders
- boven pompen en compressoren.

In grote kabelbanen of kabelbanen die volledig gevuld zijn met dichte bundels, vooral wanneer er vermogenkabels aanwezig zijn, zou men het risico van oververhitting en brand door overbelasting van kabels moeten onderzoeken.

Voor kabelgoten in zones waar reeds watersproei-systemen aanwezig zijn voor de bescherming van installatieonderdelen, wordt aanbevolen om een bijkomende waterkoeling te voorzien, specifiek om de bovenkant van de kabelgoot te beschermen.

Een bescherming door een waterkoelsysteem aan de bovenkant wordt ook aanbevolen indien het brandgevaar uitsluitend toe te wijzen is aan de kabelgoot zelf (oververhitting van de kabels).

In zones waar geen waterkoeling van de onderdelen voorzien is, worden de volgende beschermwijzen aanbevolen:

- een bescherming door middel van een watersproeisysteem zowel langs de boven- als langs de onderkant
- een bescherming langs de onderkant door middel van een scherm en langs de bovenkant door middel van een watersproeisysteem.

Het plaatsen van schermen boven kabelgoten om de kabels af te schermen van neervallende lek-vloeistof, stof of allerlei rommel, moet met de nodige omzichtigheid gebeuren. Men dient erover te waken dat dergelijke schermen de luchtcirculatie en afkoeling van de kabels niet verhinderen of waterstralen van mobiele of vaste sproeisystemen niet weren.

In die gevallen waar bescherming van de kabelgoten vereist is, moeten de ondersteuning van de kabelgoten ook beschermd worden. Richtwaarden voor de brandweerstand van 1,5 tot 2,5 uur worden gegeven.

H. Bescherming van verlaadplaatsen

Voor de verlading van vrachtwagens of treinwagons met ontvlambare vloeistoffen worden vast opgestelde schuimkanonnen aanbevolen als minimale brandbestrijdingsmiddelen. Ze worden zodanig geplaatst dat op beide zijden van de tankwagen of treinwagons schuim kan gericht worden. Automatische schuimblussystemen bieden een hoger niveau van bescherming.

Om loskades waar ontvlambare vloeistoffen worden verladen te beschermen, wordt de plaatsing van hydranten en monitoren aanbevolen, die zodanig geplaatst moeten worden dat waterstralen van op een veilige afstand kunnen gericht worden op de aanlegplaats en dit vanuit 2 verschillende richtingen.

I. Draagstructuren voor procesvaten

In draagstructuren waarin procesvaten aanwezig zijn met significante hoeveelheden brandgevaarlijke vloeistoffen, moet men er van uitgaan dat de draagstructuren blootgesteld kunnen worden aan fakkelbranden of aan plasbranden. De temperaturen die daarbij optreden, kunnen leiden tot een verzwakking en de instorting van stalen balken uit de draagstructuren en tot een vrijzetting van de inhoud van de installatieonderdelen in de draagstructuur. Bijgevolg is het noodzakelijk om op gepaste wijze de stalen draagstructuren te beschermen.

Deze bescherming kan de vorm aannemen van een brandwerende beschermklaag, waterkoelingsysteem of een combinatie van beiden. Passieve bescherming geniet de voorkeur.

Wanneer enkel gebruik wordt gemaakt van een brandwerende beschermklaag, zou een brandweerstand van 2 à 3 uur voorzien moeten worden (in functie van de verwachte duur van de brand). In combinatie met waterkoeling wordt typisch een weerstand van 1 à 2 uur gespecificeerd.

In het geval van structuren met onderdelen met een hoog brandpotentieel wordt aanbevolen om de verticale steunbalken te beschermen tot op het niveau waar de onderdelen ondersteund worden. Draagbalken die de last overbrengen op de verticale steunbalken dienen ook beschermd te worden.

In het geval van structuren met onderdelen met een laag brandpotentieel wordt aanbevolen om de draagstructuur te beschermen van aan het grondniveau tot een hoogte van minstens 9 meter (30ft).

In het geval waar de structuren geen brandgevaarlijke onderdelen bevatten, maar die wel opgesteld zijn in een brandgevaarlijke omgeving, wordt aanbevolen de structuur tot het eerste niveau te beschermen, evenals het horizontale draagvlak van het eerste niveau.

J. Ondersteuning van pijpenrekken

Voor ondersteuning van pijpenrekken wordt voornamelijk gekeken naar het potentieel brandgevaar van onderdelen en gebouwen in de buurt van de ondersteuning.

Ook met de ligging van afvoergoten waarin brandgevaarlijke producten kunnen afgevoerd worden, moet rekening gehouden worden.

Voor draagstructuren van pijpenrekken die blootgesteld kunnen worden aan een externe brand, wordt een brandbescherming voorgeschreven van 1 à 2 uur tot aan het onderste draagvlak van de pijpen. Dit draagvlak moet zelf ook beschermd worden.

Indien naast leidingen ook andere onderdelen geplaatst worden in een pijpenrek (bvb. luchtkoelers), dan moet het pijpenrek beschouwd worden als een draagstructuur voor procesvaten en moet er ook rekening gehouden worden met lekken van deze installatieonderdelen.



10

Bescherming tegen explosies

10.1 Risico's van explosies

10.1.1 Types van explosies

A. Gaswolkexplosies

De ontsteking van een ontvlambare wolk van gassen, dampen, aerosolen of fijne vloeistofdruppeltjes kan leiden tot een wolkbrand of een gaswolkexplosie.

Om tot een gaswolkexplosie te komen, is het nodig dat het vlamfront voldoende hoge snelheden bereikt. De versnelling wordt veroorzaakt door turbulentie in de gaswolk. Deze turbulentie wordt gecreëerd door de interactie van het vlamfront met allerlei obstakels, zoals leidingen, draagstructuren en installatieonderdelen. De plaats waar de vrijzetting optreedt en waar de explosieve wolk gevormd wordt, zijn dus van grote invloed op de overdrukken die gegenereerd kunnen worden. De mate van insluiting is in de meeste procesinstallaties, waar onderdelen en leidingen dicht op elkaar geplaatst zijn, hoog. De nodige turbulentie kan ook geleverd worden door het vrijkomen onder hoge druk van het ontvlambaar materiaal.

Naast de vorming van turbulentie is ook de aanwezigheid van een voldoende massa ontvlambare stof binnen zijn explosiegrenzen belangrijk. Om tot een gaswolkexplosie te komen, moet de ontsteking uitgesteld worden totdat een wolk met voldoende grote afmetingen gevormd is.

B. Fysische explosies

We spreken van een fysische explosie als een houder met een gas onder hoge druk op een plotse wijze faalt en de inhoud aan grote snelheden wordt vrijgezet. De snelle expansie van de producten onder druk comprimeert de omringende lucht en zorgt voor een drukgolf. Fragmenten van de openbarstende houder kunnen met hoge snelheden weggeslingerd worden.

Voor de volledigheid vermelden we nog een ander type van fysische explosie, namelijk deze veroorzaakt door de snelle verdamping van een vloeistof bij contact met zeer hete materialen. Een typisch voorbeeld is de explosieve verdamping van water in contact met vloeibaar metaal of hete oliën.

C. BLEVE's

Een BLEVE is in feite een bijzonder geval van een fysische explosie.

Een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion) is het resultaat van een vloeistof die zeer snel verdampt. De dampen die hierbij geproduceerd worden en aan hoge snelheden uitzetten, comprimeren de omgevingslucht en veroorzaken op die manier een drukgolf.

Het verschijnsel treedt op wanneer een vat met een product in vloeibare toestand, maar bij een temperatuur aanzienlijk boven zijn kookpunt, plots

openscheurt. Naast de drukgolf door het expanderende gas kunnen ook fragmenten van de houder weggeslingerd worden over relatief grote afstanden.

BLEVE's worden meestal geassocieerd met houders met onder druk vloeibaar gemaakte gassen. Wanneer deze houders blootgesteld worden aan een externe brand, stijgt de druk en verzwakt de wand. Indien de vloeibare gassen ook brandbaar zijn, ontstaat er bovendien een vuurbal.

D. Interne explosies (confined explosions)

Door een interne explosie kan een houder of een leiding op een explosieve wijze openbarsten. Fragmenten kunnen hierbij weggeslingerd worden en de expanderende verbrandingsgassen kunnen drukgolven in de omgeving veroorzaken. Gelijkaardige effecten kunnen optreden bij interne explosies in gesloten ruimten.

E. Explosieve decomposities

Een explosieve ontbinding kan optreden bij vaste stoffen of vloeistoffen met een hoge ontbindingsenergie. Voorbeelden zijn springstoffen en bepaalde meststoffen, zoals ammoniumnitraat.

Een explosieve decompositie kan ook optreden wanneer de inhoud van reactoren of andere houders verwarmd wordt tot boven zijn zelfontbindingstemperatuur.

F. Runaway reacties

Bij een stijging van de temperatuur zal de snelheid van een chemische reactie toenemen. In het geval van een exotherme reactie zal daardoor ook meer warmte vrijkomen. Wanneer die warmte onvoldoende wordt afgevoerd, zal dit leiden tot een toename in temperatuur van het reactiemengsel, waardoor de reactie nog verder zal versnellen. Wanneer een dergelijk zichzelf versnellend proces optreedt, spreken we van een runaway reactie. Een runaway reactie kan leiden tot een zeer snelle toename van de druk en de temperatuur en bijgevolg tot een explosie van de houder waarin dit fenomeen optreedt.

10.1.2 Mogelijke schadedragers

A. Mensen

Mensen die rechtstreeks getroffen worden door een drukgolf, ondervinden hoofdzakelijk schade aan de longen en trommelvliezen.

Daarnaast kunnen ook secundaire effecten optreden, door de impact van de projectielen of het instorten van gebouwen.

Tertiaire effecten op mensen houden verband met de letsels die optreden wanneer mensen door de drukgolf omver worden geblazen of tegen voorwerpen worden gesmakt.

B. Gebouwen en structuren

De schade die een drukgolf veroorzaakt aan een gebouw is in het algemeen functie van de constructiewijze, de overdruk in de drukgolf bij impact en de duur van de drukgolf.

In het boek "Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions and Fires" van CCPS kan men voor verschillende types van gebouwen een beschrijving vinden van de te verwachten schade in functie van de overdruk bij impact.

Wanneer de explosie zich voordoet op grondniveau, zal een deel van de energie overgedragen worden naar de grond en zal een schokgolf zich voortplanten in de grond.

De effecten van deze ondergrondse schokgolf zijn vaak klein in vergelijking met de effecten van de directe impact van de drukgolf en zullen meestal niet leiden tot substantiële schade aan het gebouw. De trillingen die erdoor veroorzaakt worden, kunnen echter leiden tot het vallen van voorwerpen van muren, plafonds (bvb. verlichtingsarmaturen) of rekken.

De schade aan mensen in een gebouw is gerelateerd aan de schade aan het gebouw. De schade kan veroorzaakt worden door het instorten van muren en plafonds of door projectieelvorming. Een typisch voorbeeld zijn de fragmenten van vensterglas.

In het hoger vermeld boek kan men eveneens gegevens vinden over de kans op een ernstig of fataal letsel in functie van de schade aan gebouwen.

10.2 Maatregelen ter bescherming tegen explosies

10.2.1 Veiligheidsafstanden

De overdruk veroorzaakt door een drukgolf en andere explosie-effecten nemen af naarmate de afstand tot het centrum van de explosie stijgt. De afname van de overdruk is ongeveer evenredig met de derde macht van de afstand.

Het inplanten van gebouwen of installaties op een afstand waarop ze geen (gevaarlijke) schade meer kunnen oplopen in geval van een explosie is een voor de hand liggende maatregel om de schade door explosies te beperken.

10.2.2 Verstevenigen van gebouwen

De explosiebestendigheid van een gebouw is geen eenduidig gegeven. De weerstand die men aan een gebouw wil geven, hangt af van de schade die men aanvaardbaar acht voor dat gebouw. Hoe dichter het gebouw tegen het centrum van een mogelijke

explosie geplaatst wordt, hoe groter de weerstand tegen de explosie-effecten zal moeten zijn.

Bij nieuwe gebouwen kan de weerstand tegen explosies meegenomen worden bij het ontwerp. Voor bestaande gebouwen kan men een aantal aanpassingen overwegen om de weerstand tegen explosies te verhogen. De effectiviteit van deze aanpassingen moet getoetst worden aan de grootte van de te verwachten explosie-effecten. In bepaalde gevallen kan het technisch onmogelijk zijn om een bestaand gebouw voldoende weerstand te geven tegen de explosie-effecten of is het financieel interessanter om een nieuw explosiebestendig gebouw te plaatsen (al dan niet op dezelfde plaats).

Een mogelijke strategie kan er in bestaan om de gebouwen met constante en/of grote bezettingsgraad op een grote afstand te plaatsen (waardoor geen of een beperkte explosieweerstand vereist is) en een aantal kleinere explosiebestendige gebouwen voor het operationeel personeel te voorzien dichterbij de installaties met explosiegevaar.

Hieronder worden enkele mogelijke aanpassingen aan een bestaand gebouw opgesomd die de weerstand tegen explosies verhogen:

- het vensterglas bedekken met een veiligheidsfilm (waardoor het niet meer fragmenteert)
- het vervangen van vensterglas door veiligheidsglas (polycarbonaat of gelamineerd glas)
- het raamwerk verstevigen om te vermijden dat de glasplaat naar binnen wordt geblazen
- maatregelen nemen om te vermijden dat vensterglas bedekt met een veiligheidsfilm of het veiligheidsglas als geheel in het gebouw wordt geblazen, bijvoorbeeld door het plaatsen van staven achter het raam of het verstevigen van het raamwerk
- het beperken van het aantal ramen door bestaande vensteropeningen op te vullen met een meer explosiebestendig materiaal
- het verstevigen van muren, daken en andere structurele elementen, het toevoegen van dragende balken of muren
- het vervangen van deuren en deuropeningen door explosiebestendige types
- het vastzetten van de binneninrichting (lampen, TV-schermen, ...) en meubels
- de plaatsing van een muur om een gebouw te beschermen tegen een invallende drukgolf; dergelijke muren moeten voldoende dicht tegen het gebouw staan
- het inkapselen van een bestaand gebouw in een explosiebestendige buitenstructuur.

10.2.3 Tijdige evacuatie

Evacuatie is een maatregel om de schade aan mensen te beperken. Evacuatie moet in dat geval gebeuren naar een locatie buiten de gevaarzone of naar een gebouw dat voldoende bescherming biedt.

De maatregel is slechts effectief als men de vrijzetting in een voldoende vroeg stadium kan

detecteren. Dit kan gerealiseerd worden door de plaatsing van automatische detectiesystemen.

10.2.4 Reduceren van de blootstelling in bestaande gebouwen

Activiteiten die uitgevoerd worden in gebouwen die beschadigd kunnen worden door een explosie, kunnen geheel of gedeeltelijk verhuisd worden naar gebouwen die niet of veel minder aan het risico van schade door explosie zijn blootgesteld, of binnen hetzelfde gebouw naar een deel dat verwijderd is van de gevarenbronnen. Een variant op deze aanpak is het verminderen van de tijd die mensen doorbrengen in gebouwen die gevaarlijke niveaus van schade kunnen oplopen door explosies.

10.3 Identificeren van risico's van schade door explosie

10.3.1 Identificeren van de mogelijke schadedragers

We beperken ons bij de identificatie van de schadedrager tot gebouwen aangezien beschermende maatregelen tegen explosies vooral worden genomen voor gebouwen.

In het boek "Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions and Fires" van CCPS wordt een aanpak voorgesteld waarbij een aantal gebouwen a priori worden geweerd uit de analyse omdat ze als niet-kritisch beschouwd worden op basis van hun lage bezettingsgraad of op basis van hun niet-veiligheidskritische karakter. De bezettingsgraad kan bijvoorbeeld uitgedrukt worden als het aantal manuren per week. Deze waarde wordt berekend door een som te maken van het gemiddelde aantal uren dat elk persoon werkzaam in het gebouw aanwezig is. worden door het aantal uren op te tellen dat uitgedrukt worden als het totaal aantal uren bekomen worden door het gemiddeld aantal uren op te tellen dat de mensen aanwezig zijn. In bepaalde gevallen kan een dergelijke berekening echter geen goed beeld geven. Sommige gebouwen worden gekenmerkt door een piekbezetting, zoals schuilplaatsen of coördinatiecentra voor de noodplanning. Het beeld wordt nog meer vertekend indien de piekbezetting zich voordoet op ogenblikken dat er een verhoogd explosierisico is, zoals het geval kan zijn bij noodsituaties of opstart van de installaties. Een gebouw kan een veiligheidskritische functie bezitten omdat het bijvoorbeeld uitrusting huisvest die belangrijk is voor de veilige stopzetting van de installatie of voor het noodplan.

Indien gebouwen a priori uitgesloten worden van de analyse, betekent dit eigenlijk dat men de schade aan het gebouw aanvaardt, ongeacht de grootte ervan. Dergelijke beslissingen moeten goed onderbouwd en gedocumenteerd zijn. De besliscingscriteria die men hierbij hanteert, zouden

consistent moeten toegepast worden voor de hele site.

Een onderzoek naar de risico's van explosie voor een bepaald gebouw start met de identificatie van de mogelijke bronnen van explosiegevaar. Op basis hiervan kan men representatieve explosiescenario's opstellen en de drukgolven berekenen waaraan het gebouw kan blootgesteld worden. Deze gegevens laten tenslotte toe om de schade aan het gebouw en de aanwezigen te bepalen.

De mate van detail waarmee de scenario's beschreven en uitgewerkt worden, kan variëren in functie van de evaluatiemethode. Als een zeer ruwe schatting volstaat om een beslissing te nemen, is het niet nodig om scenario's in detail uit te werken.

10.3.2 Identificeren van de bronnen van explosiegevaar

De volgende stap in de analyse is voor elke schadedrager de bronnen van explosiegevaar te detecteren.

Op basis van de verschillende types van explosie, zoals hierboven beschreven, kunnen we de volgende bronnen van explosiegevaar onderscheiden:

- onderdelen waaruit voldoende stoffen kunnen vrijgezet worden om een gaswolkexplosie te veroorzaken
- onderdelen met vloeibaar gemaakte gassen (of meer algemeen stoffen onder condities die een BLEVE kunnen veroorzaken)
- onderdelen op hoge druk die aanleiding kunnen geven tot een fysische explosie bij plots falen
- onderdelen die door een interne explosie of door een wegloopleactie explosief kunnen falen
- opslagplaatsen van ontplofbare vaste stoffen.

De minimale hoeveelheid die moet vrijgezet worden om een gaswolkexplosie te veroorzaken, is zeer afhankelijk van de omgeving, in het bijzonder van de mate van insluiting en de aanwezigheid van obstakels die voor turbulentie kunnen zorgen bij contact met het vlamfront.

Het volstaat om voor elke zijde van het gebouw de bron van explosiegevaar te identificeren die aanleiding geeft tot de meest destructieve drukgolf. Bronnen van explosiegevaar die aanleiding geven tot een minder zware drukgolf dan een reeds geselecteerde bron, hoeven niet in de selectie weerhouden te worden.

10.3.3 Identificeren en uitwerken van representatieve explosiescenario's

Per gebouw worden één of meerdere representatieve explosiescenario's bepaald, uitgaande van de mogelijke bronnen van explosie die in de buurt liggen. Voor de representatieve explosiescenario's

worden de overdrukken bepaald van de drukgolven die invallen op het gebouw.

Er zijn verschillende technieken en modellen beschreven in de literatuur, gaande van relatief eenvoudige en conservatieve benaderingen tot complexe rekenmethodes die met een groot aantal factoren rekening houden. De mate van detail waarin de explosiescenario's worden uitgewerkt, kan variëren van gebouw tot gebouw. Als men via een conservatieve benadering relatief snel kan besluiten dat er geen schade is, dan zijn meer complexe berekeningen niet verder nodig.

De schade aan een gebouw is in het algemeen functie van de overdruk van de invallende drukgolf, van de duurtijd van de drukgolf en de eigenschappen van het gebouw.

De schade aan het gebouw kan bepaald worden via empirische gegevens of via gedetailleerde berekeningen. De empirische gegevens leggen een link tussen het type van het gebouw en de overdruk van de invallende drukgolf. Deze benadering is in principe conservatief en kan gebruikt worden om op een snelle manier te bepalen welke gebouwen een meer diepgaande analyse vereisen.

De effecten van een drukgolf op een gebouw kunnen ook bepaald worden aan de hand van een dynamische, niet-lineaire structurele analyse, uitgaande van een gedetailleerd model van het gebouw en van de drukgolf in functie van de tijd. Dergelijke modellen zijn nodig voor het ontwerp van een explosiebestendig gebouw.

Afhankelijk van het beslissingscriterium die men hanteert, is een inschatting van de schade aan het gebouw niet voldoende om de explosierisico's te evalueren en is het ook nodig om de gevolgen voor de aanwezigen te bepalen. Hiervoor kan men een beroep doen op empirische gegevens die een relatie leggen tussen het type van gebouw, de overdruk, de schade en de kans op ernstige of dodelijke verwondingen voor de aanwezigen.

10.4 Evalueren van risico's en specificeren van maatregelen

Indien voor een bepaald gebouw werd bepaald dat er geen noemenswaardige schade kan optreden als gevolg van een explosie in het bedrijf, dan is verdere evaluatie niet nodig.

Treedt er wel significante schade op, dan stelt zich de vraag of dit een aanvaardbare situatie is of niet.

In bepaalde gevallen kan de mogelijkheid van ernstige of dodelijke verwondingen voor de aanwezigen een voldoende beslissingsbasis zijn voor het nemen van maatregelen om dergelijke gevolgen te voorkomen. De maatregelen moeten dan de schade beperken tot een aanvaardbaar niveau.

Het is mogelijk dat overwegingen over de schade niet volstaan om een beslissing te nemen. In die gevallen kan men overgaan tot een risicogebaseer-

de beslissing. Doorgaans zijn de gevolgen van een explosie relatief groot. Voor dergelijke risico's is een ruwe indeling van het risico in klassen door middel van een risicomatrix of een gelijkaardige methode niet erg geschikt. Een meer gedetailleerde analyse dringt zich dan op waarbij het risico wordt uitgedrukt in termen van het individueel risico of een groepsrisico. Dergelijke analyses hebben uiteraard enkel zin indien men ook besliscriteria heeft opgesteld in functie van deze grootheden.

De kost om een dergelijke kwantitatieve risicoevaluatie uit te voeren kan aanzienlijk zijn. Deze studies zijn dan ook enkel gerechtvaardigd wanneer de kosten van de maatregelen zeer hoog zijn en wanneer de risico's zich lijken te situeren nabij de grenzen van het aanvaardbare. Wanneer op basis van een eerder rudimentaire risico-inschatting blijkt dat de gevolgen zeer groot zijn en beschermende maatregelen nodig zijn, dan zal een gedetailleerde kwantitatieve analyse deze conclusie enkel bevestigen en de totale kosten verhogen met de kost van de studie.



11

Bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen

11.1 Risico's van schade door blootstelling aan stoffen

11.1.1 Schade door blootstelling aan stoffen

We beperken ons hier tot de risico's voor de mens omdat we de mens kunnen beschermen tegen contact met accidenteel vrijgezette stoffen. Er zijn uiteraard ook risico's voor fauna en flora, maar schade aan het milieu zal vooral vermeden moeten worden door de verspreiding van vrijgezette stoffen tegen te gaan.

Er zijn drie types van blootstelling die in het kader van deze publicatie relevant zijn:

- blootstelling aan accidenteel vrijgezette gassen, dampen, aerosols of nevels
- blootstelling aan accidenteel vrijgezette vloeistoffen
- blootstelling aan accidenteel vrijgezette vaste stoffen (in poedervorm).

De problematiek van chronische blootstelling aan chemische agentia valt buiten het toepassingsgebied van deze nota.

Wolken van gassen of dampen kunnen ontstaan door de vrijzetting van gassen of door verdamping van vrijgezette vloeistoffen. Ze kunnen ook het gevolg zijn van een brand of een ongewenste reactie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een reactie door menging van niet-compatibele stoffen in een inkuiping, een riool of een open kuip. Daarnaast moet men ook rekening houden met de mogelijkheid van nevelvorming bij vrijzetting van vloeistoffen onder druk.

De schadelijke effecten van een eenmalige blootstelling aan gassen, dampen en nevels zijn afhankelijk van de inherente eigenschappen en de condities waarbij de ze vrijkomen:

- intoxicatie (schade aan de organen als gevolg van een opname van stoffen in het lichaam via de longen of via de huid)
- verdooving (vermindering van het bewustzijn)
- opwekking van een euforische gevoel (wat aanleiding kan geven tot risicovol gedrag)
- irritatie van de luchtwegen
- chemische aantasting van de longen

- verbranding van de longen (bij inademing van hete gassen of dampen).

De toxische effecten van een eenmalige blootstelling doen zich meestal voor op korte termijn, maar in bepaalde gevallen zijn er ook latente effecten die zich pas na meerdere jaren laten voelen.

We zullen verder in deze nota spreken van "schadelijke wolken", waarmee we een wolk bedoelen die schadelijke effecten kan veroorzaken voor de mens. Het gaat dus niet alleen om wolken van stoffen die als "schadelijk" zijn ingedeeld. In de praktijk zullen de meeste maatregelen overigens genomen worden voor wolken van uitgesproken toxische stoffen.

Contact met vloeistoffen is een risico dat zich vooral stelt bij het uitvoeren van bepaalde activiteiten waar de werknemer zich in de buurt bevindt van een mogelijk lek en waar dit lek verband houdt met zijn activiteiten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het afkoppelen van flexibels na de verlading van een vloeistof. De effecten van een blootstelling aan vloeistoffen zijn net zoals voor gassen, dampen en nevels afhankelijk van de inherent chemische eigenschappen en van de fysische condities waarin de vloeistof zich bevindt. Mogelijke effecten zijn:

- intoxicatie (sommige stoffen worden opgenomen via de huid)
- chemische brandwonden (in geval van corrosieve stoffen)
- irritatie van de huid of ogen
- thermische brandwonden (in geval van hete vloeistoffen)
- vrieswonden (in geval van koude vloeistoffen of onder druk vloeibaar gemaakte gassen).

Vloeistoffen die onder hoge druk vrijkomen, kunnen bovendien een fysische impact hebben, waardoor beschermmiddelen weggerukt kunnen worden of waardoor de vloeistof in openingen in de kledij kan dringen.

Vloeistoffen kunnen natuurlijk ook via de mond opgenomen worden, maar we beschouwen dit hier niet omdat de kans dat dit accidenteel gebeurt zeer klein is.

Vaste stoffen die worden vrijgezet in de vorm van poeders kunnen ingeademd worden. De mogelijke effecten zijn gelijkaardig aan gassen, dampen of nevels. Een belangrijk verschil met gassen is dat een stofwolk zal zich in veel beperktere mate kan verspreiden.

Poeders kunnen zich ook neerzetten op de huid en op deze manier schade veroorzaken.

11.1.2 Mogelijke schadedragers

We kunnen een onderscheid maken tussen verschillende schadedragers:

- werknemers (eigen personeel of derden) die een activiteit verrichten waarbij gevaarlijke stoffen kunnen vrijgezet worden
- mensen in open lucht
- mensen aanwezig in gebouwen.

Voorbeelden van activiteiten waarbij de uitvoerder in contact kan komen met accidenteel vrijgezette stoffen zijn:

- het loskoppelen van flexibele verbindingen;
- het nemen van stalen
- het aflaten van een bepaalde fractie ("drainen")
- het manueel toevoegen van stoffen aan een reactor of mengkuip.

Het zijn typisch activiteiten waarbij installatieonderdelen geopend worden.

Bij de mensen in open lucht zou men nog een onderscheid kunnen maken tussen mensen in zones waar een verhoogde kans op blootstelling is door de aanwezigheid van installaties-onderdelen met gevaarlijke stoffen en mensen in zones die enkel getroffen kunnen worden door een grote schadelijke wolk die zich naar deze zone verplaatst.

Wat betreft gebouwen kunnen we een onderscheid maken tussen gebouwen waarin gevaarlijke stoffen aanwezig zijn (procesgebouwen, opslagmagazijnen voor gevaarlijke stoffen) en gebouwen die enkel door een externe schadelijke wolk bedreigd kunnen worden. Bij gebouwen waarin een intern lek voor een gevaarlijke atmosfeer kan zorgen zal men moeten nadenken over maatregelen als detectie en alarmering, beperking van de aanwezigheid van mensen, tijdige en veilige evacuatie. Bij gebouwen die door een externe wolk bedreigd kunnen worden zijn maatregelen aan de orde om te verhinderen dat de wolk het gebouw binnendringt.

11.2 Maatregelen ter bescherming tegen blootstelling

11.2.1 Veiligheidsafstanden

Voor grote schadelijke wolken is het hanteren van veiligheidsafstanden in vele gevallen geen praktische oplossing. Veiligheidsafstanden zijn effectiever bij de bescherming tegen risico's van brand en explosie.

Een omvangrijke schadelijke wolk kan zich doorgaans verspreiden buiten het bedrijfsterrein. De plaatsing van installaties met toxische stoffen in de uithoeken van het bedrijfsterrein kan misschien de blootstelling van de aanwezigen in het bedrijf beperken, maar zal in veel gevallen de mogelijke blootstelling in de omgeving van het bedrijf verhogen.

Om de blootstelling aan relatief kleine schadelijke wolken, die veel waarschijnlijker zijn, te beperken, is het wel zinvol om aandacht te besteden aan de inplanting van de installaties en gebouwen op het terrein.

11.2.2 Beperken en verhinderen van toegang tot gevarenczones

De aanwezigheid van personeel in zones waar een verhoogd risico bestaat van een accidentele blootstelling aan gevaarlijke stoffen kan aan de hand van interne procedures, werkorganisatie en signalisatie preventief beperkt worden.

Dit geldt in het bijzonder voor lokalen en gebouwen waar schadelijke wolken kunnen gevormd worden. Voor dergelijke lokalen is het overigens een algemeen geldende goede praktijk, en in bepaalde gevallen een wettelijke verplichting, om continu de atmosfeer te bewaken en bij gevaarlijke concentraties een alarm te geven aan de toegangen tot het lokaal. Op die manier kan men vermijden dat iemand zich in een gevaarlijke atmosfeer begeeft.

11.2.3 Tijdige evacuatie

Tijdige evacuatie is een maatregel die kan genomen worden om blootstelling aan een schadelijke wolk te voorkomen of te beperken. Een tijdige evacuatie veronderstelt in de eerste plaats een tijdige detectie van de vorming van een schadelijke wolk.

Bepaalde stoffen hebben een specifieke geur of kleur of vormen een zichtbare mist en kunnen op die wijze gedetecteerd worden door het personeel. Het is belangrijk om het personeel hierin op te leiden. Even belangrijk is het om het personeel te informeren over de afwezigheid van geur of kleur van bepaalde gevaarlijke stoffen op het bedrijf.

Detectie door menselijke zintuigen volstaat in vele situaties niet om een tijdige evacuatie te verzekeren. In die gevallen is men aangewezen op automatische detectie door middel van vast opgestelde, strategisch geplaatste detectiemiddelen. Het alarmsignaal dat op basis van dergelijke detectiemiddelen gegeven wordt, moet in de gevarenczone goed waarneembaar zijn.

De acties die het personeel moet ondernemen, moeten duidelijk bepaald zijn. Schuilen in een gebouw dat voldoende is afgeschermd van de buitenlucht is in het geval van een schadelijke wolk in principe beter dan een evacuatie naar een verzamelplaats in open lucht.

11.2.4 Bescherming van gebouwen

Schadelijke wolken kunnen een gebouw binnendringen via het luchtverversingssysteem en zo de aanwezigen blootstellen.

Automatische detectie kan geplaatst worden in de aanzuigleiding en kan gekoppeld worden aan een alarm en eventueel aan de automatische stopzetting van de luchtverversing.

11.2.5 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) kunnen preventief gedragen worden, d.w.z. vóór het ontstaan van een schadelijke wolk, of kunnen gebruikt worden na de vrijzetting.

PBM zullen voornamelijk preventief gebruikt worden bij het uitvoeren van operationele handelingen waarbij gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen. Met behulp van PBM kan men zich zowel beschermen tegen gassen en dampen als tegen vloeistoffen. Bij de keuze van ademhalingsbescherming moet men er rekening mee houden dat een werknemer die zich dicht bij de lekbron bevindt, kan blootgesteld worden aan hoge concentraties.

PBM die na de vrijzetting gebruikt worden, moeten toelaten om veilig te evacueren uit de gevarenczone. Over het gebruik van zogenaamde vluchtmaskers bestaat er echter geen eensgezindheid. Opdat een vluchtmasker een effectieve bescherming zou geven, moet immers aan een reeks voorwaarden voldaan zijn:

- ze moeten door potentiële schadedragers meegenomen worden
- ze moeten voldoende snel en correct opgezet worden
- filtermaskers moeten voldoende bescherming bieden in functie van de concentratie aan toxische stoffen en de blootstellingstijd (dit is de evacuatietijd).

Het is in vele gevallen zeer moeilijk om te verzekeren dat voor alle potentiële schadedragers aan deze voorwaarden voldaan is.

Een specifiek geval is de werknemer die werkzaam is op een plaats van waaruit geen snelle en veilige evacuatie mogelijk is. Denk bijvoorbeeld aan de bestuurder van een kraan of rolbrug. In die gevallen moet de werknemer op zijn werkplaats de middelen ter beschikking hebben om veilig te kunnen evacueren. Indien filtermaskers niet volstaan, dan moet autonome ademhalingsbescherming voorzien worden.

Om het aangezicht te beschermen wordt vaak gebruik gemaakt van een gelaatsscherm. Men dient zich echter goed bewust te zijn van de beperkingen. Een gelaatsscherm dat wordt neergeklapt, biedt geen bescherming tegen vloeistofstralen die langs onder komen. Ook bescherming langs de zijkant van het gezicht is belangrijk. Niet alleen in het geval de straal van opzij komt maar ook omdat men de reflex heeft om zijn gezicht weg te draaien van een lek.

11.3 Identificeren van risico's van blootstelling

11.3.1 Identificatie van de schadedragers

De risico's van blootstelling worden bepaald voor de verschillende types van schadedragers. De eerste stap is dus de identificatie van alle potentiële schadedragers.

Alle werknemers die betrokken zijn bij de uitvoering van routinematige taken waarbij gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen zijn potentiële schadedragers.

Gebouwen waarin gevaarlijke stoffen aanwezig zijn, bieden een verhoogd risico op blootstelling en de aanwezigen worden best als een afzonderlijke groep van schadedragers gedefinieerd. Eventueel kan men een onderscheid maken tussen verschillende lokalen, indien de risico's van blootstelling in voldoende mate verschillen tussen lokalen.

In open lucht kan men een onderscheid maken tussen enerzijds zones in installaties waar gevaarlijke stoffen aanwezig zijn en waar beperkte vrijzettingen plaatselijk een risico van blootstelling kunnen veroorzaken, en anderzijds zones die verder gelegen zijn van de installaties en slechts bedreigd worden door grotere schadelijke wolken (afkomstig van de eigen installaties of installaties in de omgeving).

Tenslotte is het zinvol om de aanwezigen in elk gebouw waar geen gevaarlijke stoffen aanwezig zijn maar waar de aanwezigen kunnen blootgesteld kunnen worden door schadelijke wolken die van buiten het gebouw binnendringen, te weerhouden als een aparte groep van schadedragers. Het betreft hier bijvoorbeeld de administratieve gebouwen, werkplaatsen voor mechanisch onderhoud, opslagmagazijnen voor niet-gevaarlijke goederen.

11.3.2 Identificatie van de gevaarbronnen

De volgende stap in de analyse is het identificeren van de gevaarbronnen voor elk van de schadedragers. De gevaarbronnen met betrekking tot de risico's van blootstelling zijn de installatieonderdelen die gevaarlijke stoffen bevatten die bij vrijzetting de schadedrager kunnen bedreigen.

We kunnen een onderscheid maken al naar gelang het type van schadedrager. Voor de uitvoerders van operationele handelingen zijn de gevaarbronnen de onderdelen waaraan gewerkt wordt. Voor de aanwezigen in een gebouw of een lokaal zijn de gevaarbronnen enerzijds de onderdelen van gevaarlijke stoffen die in het gebouw zijn opgesteld en anderzijds onderdelen met gevaarlijke stoffen in de omgeving van het gebouw. Voor installatieonderdelen buiten een gebouw zal het sterk afhangen

van de aard van de stoffen, de hoeveelheden, de procescondities en de afstand tot het gebouw of het installatieonderdeel effectief als gevaarbron moet weerhouden worden.

Voor een zone in open lucht kunnen zal men een selectie moeten maken van de installatieonderdelen opgesteld in de zone zelf en van de onderdelen die opgesteld zijn op grotere afstand en die eventueel aanleiding kunnen geven tot schadelijke wolken die naar de betrokken zone kunnen afdrijven.

Andere mogelijke gevaarbronnen zijn open systemen waar ten gevolge van een ongewenste reactie gevaarlijke gassen of dampen kunnen vrijgezet worden. Denk hierbij aan inkuipingen, riolen, open baden, atmosferische tanks en andere procesvaten die in verbinding staan met de atmosfeer.

11.3.3 Identificatie van representatieve blootstellingsscenario's

Voor elke schadedrager kunnen nu representatieve blootstellingsscenario's worden opgesteld.

Bij het opstellen van een dergelijk scenario vertrekt men van een aanname omtrent representatieve vrijzettingen uit de geïdentificeerde gevaarbronnen. Voor elke vrijzetting kan men dan onderzoeken wat de mogelijke blootstelling is voor de schadedragers.

Wanneer bij de uitvoering van bepaalde taken gevaarlijke stoffen worden vrijgezet zullen de uitvoerders door hun nabijheid bij de bron aan hoge concentraties worden blootgesteld. Een taakanalyse kan gebruikt worden om de specifieke oorzaken van accidentele blootstelling te identificeren. Het is doorgaans zeer moeilijk om op korte afstanden van een emissiebron de concentraties precies in te schatten. Het daarom aangewezen om met conservatief aannames te werken en rekening te houden met zeer grote concentraties.

Om de blootstelling te onderzoeken in een bepaalde zone in open lucht kan men een beroep doen op dispersiemodellen.

Dispersiemodellen zijn echter veel minder geschikt om de verspreiding van gassen en dampen in een gesloten ruimte te bepalen. Daartegenover staat dat in vele gevallen dergelijke modellen niet nodig zijn om vast te stellen dat bij een lek in een gesloten ruimte gevaarlijke concentraties kunnen ontstaan. Dat is uiteraard afhankelijk van de grootte van het gebouw (of de lokalen), de hoeveelheden vrijgekomen stoffen en de verluchting. De ventilatie in gebouwen is in de meeste gevallen echter niet ontworpen om in geval van accidentele vrijzettingen de concentratie aan gevaarlijke stoffen beneden de grenswaarden voor acute intoxicatie te houden.

11.4 Evalueren van risico's en specificeren van maatregelen

11.4.1 Op basis van codes van goede praktijk

Voor een aantal courant gebruikte toxische stoffen zoals waterstoffluoride, chloor en ammoniak zijn aanbevelingen beschikbaar omtrent de plaatsing van detectie en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. De Seveso-inspectiediensten verwachten dat deze standaarden worden toegepast in de mate waarin ze van toepassing zijn op de installatie in kwestie.

Eén algemeen principe werd hierboven reeds aangehaald, met name dat in gesloten lokalen waarin een schadelijke atmosfeer kan ontstaan, detectie voorzien wordt met alarmering aan de ingangen van het lokaal.

11.4.2 Op basis van de gevolgen

De vaststelling dat bepaalde plausibel geachte scenario's aanleiding kunnen geven tot zeer ernstige gevolgen, kan een voldoende basis zijn voor het nemen van maatregelen.

Indien er twijfel is over de impact van een schadelijke wolk (of contact met een vloeistof), is het aangewezen om advies te vragen aan een arbeidsgeneesheer of toxicoloog.

11.4.3 Op basis van het risico

In de praktijk zal over de toepassing van de meeste, zo niet over alle maatregelen die hier besproken werden een beslissing kunnen genomen worden op basis van codes van goede praktijk of op basis van de gevolgen.

Voor die gevallen waar deze criteria echter geen oplossing bieden, kan een evaluatie uitgevoerd worden op basis van het risico, zoals uitgedrukt in het individueel risico, het groepsrisico of in risicoklassen.



12

Analyse van enkele typische maatregelen

12.1 Veiligheidskleppen

12.1.1 Effectiviteit

Een veiligheidsklep of breekplaat kan alleen als maatregel worden beschouwd voor een bepaalde oorzaak van overdruk, wanneer door middel van berekeningen kan aangetoond worden dat de veiligheidsklep of breekplaat correct gedimensioneerd is.

Dat betekent dat voor elke oorzaak van overdruk het af te blazen debiet wordt bepaald. Op basis van dat debiet kan een doorstroomoppervlakte worden berekend. De doorstroomoppervlakte van de geïnstalleerde klep (of de totale oppervlakte van parallel geplaatste kleppen) moet groter zijn dan de vereiste minimale doorstroomoppervlakte.

Een overdrukontlasting moet zodanig gedimensioneerd zijn dat de overdruk die optreedt bij het afblazen van de veiligheidsklep of breekplaat niet een bepaalde, maximaal toelaatbare waarde overschrijdt. Deze overdruk wordt gespecificeerd in de ontwerpcode van het drukvat.

Voor drukvaten ontworpen volgens de ASME-standaarden gelden volgende waarden:

- 110% van de ontwerpdruk van het vat (voor andere scenario's dan uitwendige brand en voor een enkelvoudige drukontlasting)

- 121% van de ontwerpdruk voor scenario's van uitwendige brand
- 116% van de ontwerpdruk in het geval meerdere veiligheidskleppen gebruikt worden om de gewenste afblaascapaciteit te leveren.

Meer details kan men vinden in de standaarden API RP 520 of ASME section VIII division 1.

Voor drukvaten ontworpen volgens de AD-Merkblätter moet de druk ook in geval van uitwendige brand tot 110% van de ontwerpdruk beperkt worden.

Een lagere waarde dan deze conform de ontwerpstandaarden is denkbaar, bijvoorbeeld in het geval dat er rekening wordt gehouden met degradatie en een (berekende) vermindering van de oorspronkelijke sterkte.

Bij de dimensionering van veiligheidskleppen en breekplaten wordt verondersteld dat de drukval over de in- en uitlaatleiding beperkt blijft.

Volgens API RP 520 (part II) mag het drukverlies tussen de veiligheidsklep en het drukvat niet meer bedragen dan 3% van de insteldruk van de klep. Indien in de inlaatleiding naar een veiligheidsklep een breekplaat werd geïnstalleerd, dan moet de drukval over de breekplaat in rekening gebracht worden (samen met de drukval over de inlaatleiding van de veiligheidsklep).

Als het drukverschil meer dan 3% van de insteldruk bedraagt, dan moet een analyse uitgevoerd worden van de invloed van het drukverschil op de werking van de klep.

Voor het bepalen van het drukverlies door een breekplaat kan men als algemene regel nemen dat het drukverlies overeenkomt met het drukverlies over een lengte gelijk aan 75 keer de leidingdiameter. Meer nauwkeurige waarden kan men eventueel vinden in de specificaties van de producent.

De overdruk in het afblaassysteem als gevolg van de stroming is de "built-up backpressure". Een grote lengte en scherpe bochten geven aanleiding tot relatief hoge drukvallen. Bij conventionele veiligheidskleppen dient de tegendruk ten gevolge van het afblazen kleiner te zijn dan 10% van de insteldruk (overeenkomstig API RP 520). Berekeningen van ladingverliezen door het afblaassysteem moeten aantonen dat de drukval beneden de 10% van de insteldruk blijft. In het geval van gebalanceerde veiligheidskleppen mag de "built-up back pressure" hogere waarden aannemen, overeenkomstig de specificaties van de producent (30% tot 55%).

Om te kunnen aantonen dat een drukontlasting effectief is, dient de volgende informatie te worden bepaald:

- de ontwerpdruk van het onderdeel
- de maximaal toelaatbare druk in het onderdeel (bij werking van de drukontlasting)
- de scenario's waarvoor de drukontlasting als maatregel beschouwd wordt
- de af te blazen debieten voor al deze scenario's
- de drukval over de inlaat- en uitlaatleidingen
- de vereiste doorstroomoppervlakte voor het meest ongunstige scenario
- de oppervlakte van de geïnstalleerde overdrukbeveiliging(-en).

12.1.2 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van een drukbeveiliging met behulp van veiligheidskleppen wordt in belangrijke mate bepaald door volgende factoren:

- de mate van redundantie
- de bescherming tegen schadelijke invloeden
- de inspectie en het onderhoud.

Voor de toepassing van LOPA heeft men een kwantitatieve waarde nodig voor de faalkans.

A. Redundantie

Het principe van redundantie toepassen op veiligheidskleppen betekent dat men meer veiligheidskleppen installeert dan nodig. Indien één van de veiligheidskleppen zou falen, d.w.z. niet of onvoldoende zou opengaan bij de gewenste druk, kunnen de andere veiligheidskleppen nog de nodige afblaascapaciteit leveren.

Men dient echter aandachtig te zijn voor zogenaamde gemeenschappelijke fouten. Wanneer twee redundante veiligheidskleppen gemonteerd zijn op eenzelfde aftakking, zal een opblokking of afslui-

ting van die gemeenschappelijke inlaatleiding beide veiligheidskleppen tegelijkertijd uitschakelen.

B. Bescherming tegen schadelijke invloeden

Bepaalde procescondities kunnen de goede werking van een veiligheidsklep in het gedrang brengen, bijvoorbeeld:

- door corrosie kan de klepzitting komen vast te zitten
- corrosie kan ook leiden tot lekkende veiligheidskleppen
- kleverige stoffen kunnen zich afzetten op de klepzetting of kunnen de inlaatleiding van de veiligheidsklep blokkeren.

Een aangepast ontwerp of de plaatsing van een breekplaat die de veiligheidsklep afschermt van de schadelijke condities in de houder kunnen de nodige bescherming bieden.

C. Inspectie en onderhoud

Veiligheidskleppen moet op geregelde tijdstippen uit de installatie worden gehaald en in een gespecialiseerde werkplaats een onderhoud krijgen. Dit onderhoud bestaat erin dat de klep volledig wordt gedemonteerd, gereinigd, opnieuw geassembleerd en afgesteld.

Hoe frequenter dit gebeurt, hoe groter in principe de betrouwbaarheid van de klep.

12.1.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

Via een veiligheidsklep die afblaast naar de omgeving kunnen gevaarlijke stoffen worden vrijgezet. De risico's van deze vrijzettingen moeten ook geëvalueerd worden.

Maatregelen die genomen kunnen worden om de risico's te verkleinen, zijn:

- het verkleinen van de kans op afblazen (bijvoorbeeld door middel van instrumentele beveiligingen)
- het kiezen van een meer veilige afblaaslocatie (hoger, verder weg van plaatsen waar mensen zijn)
- afblazen naar een gesloten systeem (bv. een fakkel, een scrubber).

Als de veer van een veiligheidsklep breekt, opent de klep. De risico's hiervan zijn zeer gelijkaardig aan de risico's die optreden bij het afblazen van de klep. Een belangrijk verschil is echter dat bij normale werking de klep terug sluit als de druk daalt, terwijl een defecte klep permanent open blijft.

12.2 Instrumentele beveiligingen

12.2.1 Effectiviteit

De actie die wordt uitgevoerd door een instrumentele beveiliging moet voldoende "impact" hebben om het overschrijden van de parameter die door de beveiliging bewaakt wordt, te voorkomen. In sommige gevallen is dat niet vanzelfsprekend. Denk bijvoorbeeld aan een noodkoeling die geactiveerd wordt om de oplopende druk in een reactor te beperken. Berekeningen moeten aantonen dat de noodkoeling wel degelijk in staat is om de nodige warmte af te voeren.

Een belangrijk aspect van de effectiviteit is de tijd waarbinnen moet gereageerd worden (alvorens de bewaakte procesparameter haar kritische waarde overschrijdt). Daartoe moet de instrumentele beveiliging tijdig aangesproken worden, wanneer het proces nog voldoende ver verwijderd is van deze kritische waarde, rekening houdend met enerzijds de snelheid waarmee het proces evolueert in de richting van die kritische waarde en anderzijds de reactietijd van de beveiliging. De reactietijd van de beveiliging is de som van de volgende tijden:

- de detectietijd (dit is de tijd nodig voor het meetelement om een bepaalde waarde te registreren)
- de beslissingstijd (dit is de tijd nodig om de meetsignalen te interpreteren; deze tijd is voor moderne PLC's doorgaans verwaarloosbaar)
- de tijd nodig voor het eindelement om te schakelen (de schakeltijd van grote kleppen en elektrisch gestuurde kleppen kan oplopen tot enkele minuten)
- de tijd nodig om de actie haar effect te laten hebben op het proces (bijvoorbeeld: het opstarten van een noodkoeling leidt niet onmiddellijk tot de gewenste temperatuuropdaling).

12.2.2 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van een instrumentele beveiliging wordt in belangrijke mate bepaald door volgende factoren:

- de gebruikte componenten
- de fouttolerantie
- de mate van zelfdiagnose
- het gedrag bij falen
- de weerstand en bescherming tegen schadelijke invloeden
- de inspectie en het onderhoud

Eén van de fundamentele principes van de standaard IEC 61511 (Functional Safety - Safety instrumented systems for the process industry sector) is dat de gewenste betrouwbaarheid (maximale waarde voor de faalkans) van een instrumentele beveiliging moet vastgelegd worden op basis van een risico-evaluatie en dat men via

berekeningen aantoont dat de gewenste betrouwbaarheid ook effectief gehaald wordt.

A. De gebruikte componenten

Een instrumentele beveiliging wordt opgebouwd uit verschillende componenten (meetelementen, transmitters, een beslissingsorgaan, mangeetventielen, kleppen, ...). De kwaliteit (en dus de betrouwbaarheid) van de individuele componenten heeft uiteraard een invloed op de betrouwbaarheid van het geheel. Bij de meeste nieuwe componenten wordt door de leverancier informatie omtrent de faalkansen gegeven, met het oog op betrouwbaarheidsberekeningen. Ook al durven de opgegeven waarden al eens aan de optimistische kant zijn, kunnen ze toelaten om verschillende toestellen te vergelijken.

B. De fouttolerantie

Fouttolerantie ("hardware fault tolerance") is de mate waarin een bepaalde component of een bepaald subsysteem van de instrumentele beveiliging bestand is tegen het optreden van fouten (ongeacht de waarschijnlijkheid waarmee die fouten optreden), zonder dat de instrumentele beveiliging door die fout haar functionaliteit op vlak van veiligheid verliest.

Een fouttolerantie van 1 voor de metingen betekent dat één fout in de metingen (het falen van 1 meting) er niet voor mag zorgen dat de beveiligingsfunctie van de instrumentele beveiliging wegvalt. In de praktijk betekent dit dat er 2 metingen moeten voorzien worden in een 1oo2-architectuur (1 out of 2). In een 1oo2-architectuur zijn 2 metingen voorzien en volstaat het dat 1 meting aangeeft dat de schakelwaarde bereikt is. In een 2oo2-architectuur moeten beiden metingen de schakelwaarde bereikt hebben alvorens de actie van de instrumentele beveiliging wordt uitgevoerd. Met een 2oo2-architectuur vermijdt men dat de fout in 1 meting aanleiding zou geven tot een onterechte activering van de beveiliging ("spurious trip") en de daarmee gepaard gaande problemen en kosten. Een 2oo2-architectuur is daarentegen minder betrouwbaar dan een 1oo2-architectuur.

Een fouttolerantie van 1 voor de eindelementen veronderstelt 2 eindelementen in een 1oo2-architectuur.

Fouttolerantie is dus een extra voorwaarde die aan de instrumentele beveiliging wordt opgelegd, naast de betrouwbaarheid. In de terminologie van de standaarden IEC 61508 en IEC 61511 zijn dit de zogenaamde "architectural constraints". Deze extra voorwaarde is ingevoerd om eventuele tekortkomingen in het ontwerp van de instrumentele beveiliging te compenseren als gevolg van veronderstellingen gemaakt tijdens het ontwerp en eveneens om rekening te houden met de onzekerheden in de faalkansen die gebruikt zijn bij de betrouwbaarheidsberekeningen. De "architectural constraints" nemen met andere woorden een overdreven vertrouwen in de juistheid van faalkansen en berekeningsmodellen in.

De standaard IEC 61511 vraagt voor een instrumentele beveiliging met een betrouwbaarheidsniveau "SIL 2" een minimale fouttolerantie van 1 voor de metingen en voor de eidelementen. Voor een instrumentele beveiliging met een betrouwbaarheidsniveau "SIL 3" vraagt de standaard een minimale fouttolerantie van 2 voor de metingen en voor de eidelementen. Dit impliceert dus 3 metingen en 3 eidelementen in een 1oo3-architectuur.

Van de hoger vermelde regel kan onder bepaalde voorwaarden worden afgeweken. Een fouttolerantie van 0 is dan toch aanvaardbaar voor een SIL 2-beveiliging en een fouttolerantie van 1 voor een SIL 3-beveiliging. Eén van de voorwaarden voor deze afwijking is dat de onderneming over voldoende ervaring beschikt waaruit moet blijken dat het meetelement of het eidelement geschikt is voor gebruik in een instrumentele beveiliging. De standaard IEC 61511 verwacht dat een onderneming een lijst aanlegt met goedgekeurde meetinstrumenten en eidelementen (voor bepaalde procesomstandigheden) en dit op basis van uitgebreide ervaring met deze componenten. Deze lijst moet periodiek geactualiseerd worden.

Een onderneming kan ook kiezen om de criteria inzake fouttolerantie van de standaard IEC 61508 te volgen. Volgens de standaard IEC 61508 is het niveau van fouttolerantie functie van de SIL-klasse, van de complexiteit van het onderdeel en van de "safe failure fraction" (SFF) van het onderdeel.

C. Gedrag bij faling

Indien een faling van een component in een instrumentele beveiliging aanleiding geeft tot een veilige toestand (in plaats van een onveilige toestand), heeft dit een gunstig effect op de betrouwbaarheid. Ook het detecteren van fouten heeft een gunstig effect op de betrouwbaarheid, op voorwaarde uiteraard dat de detectie aanleiding geeft tot de veilige toestand of tot een alarm en een snelle herstelling.

Diagnose van metingen

De meeste continue metingen sturen een elektrisch signaal naar het beslissingsorgaan dat (wanneer de gemeten waarde binnen haar bereik blijft) tussen de 4 mA en 20 mA ligt. Valt het signaal buiten dit interval, dan is dit een indicatie dat er iets mis is.

Wanneer de draad van de elektrische voeding naar het meetinstrument breekt, valt het signaal van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan uiteraard terug op 0 mA. Hetzelfde gebeurt bij breuk van de draad van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan.

In geval van een schakelaar (discrete meting of "switch") moet het signaal dat naar het beslissingsorgaan gestuurd wordt bij een veilige waarde van de bewaakte parameter, verschillend zijn van nul.

Bepaalde metingen beschikken over zelfdiagnose. Zij sturen een bepaald signaal uit (groter dan 20 mA of kleiner dan 4 mA) wanneer ze zelf een fout in hun werking ontdekken.

Een diagnose van een meting kan ook gerealiseerd worden door het vergelijken van het meetresultaat met dat van een ander meettoestel. Aan de afwijking tussen de gemeten waarden kan een alarm of eventueel zelfs een actie gekoppeld worden. Deze vorm van diagnose is enkel mogelijk bij continue metingen.

Diagnose van het beslissingsorgaan

VeiligheidsPLC's worden gekenmerkt door een zeer hoge graad van zelfdiagnose (meer dan 99% van de mogelijke fouten wordt gedetecteerd en gealarmeerd). Relais systemen hebben geen interne diagnose.

Failsafe positie van kleppen

Bij het wegvallen van de energietoevoer naar de klep, gaat de klep naar haar faalpositie. De volgende posities zijn mogelijk: gesloten, open, onveranderd (de klep blijft in de positie waarin ze zich bevond). De meest veilige faalpositie moet gekozen worden.

Elektrisch bekrachtigde kleppen hebben, tenzij ze speciaal daartoe zijn uitgevoerd, geen vaste faalpositie maar blijven in de laatste stand staan bij het wegvallen van de energietoevoer. Indien het in geval van brand nodig is om de kleppen toch nog enige tijd te kunnen bedienen (bijvoorbeeld om ze naar de meest veilige positie te schakelen) moet de elektrische bekabeling brandbestendig uitgevoerd worden.

D. Weerstand en bescherming tegen schadelijke invloeden

Hieronder geven we een aantal voorbeelden van schadelijke invloeden die kunnen inwerken op onderdelen van een instrumentele beveiliging.

Invloed van veranderingen in procescondities op de meting

Sommige metingen zijn afhankelijk van de condities (zoals dichtheid, druk, temperatuur of concentratie) van het medium waarin ze zich bevinden.

In dat geval dient nagegaan te worden of wijzigingen in dichtheid, druk of temperatuur te verwachten zijn en of dit tot een (gevaarlijke) foutieve meetwaarde kan leiden.

Volgende meetprincipes zijn gevoelig voor de veranderende condities van het medium:

- vlotterschakelaar (dichtheid vloeistoffase)
- displacer (dichtheid vloeistoffase)
- niveaumeting op basis van druk over een vloeistofkolom (dichtheid vloeistoffase)
- borrelbuismeting (niveau) (dichtheid vloeistoffase)
- ultrasone niveaumetingen (beperkt in druk, snelheid van het geluid varieert in functie van druk, niet voor vloeibare gassen, vloeistofoppervlak mag niet schuimen en moet vlak zijn)

- capacatieve metingen (niveau) (gevoelig voor geleidbaarheid en dus bv. vochtindringing)
- verschildrukmetingen (debiet) (temperatuur, druk en densiteit). Eventueel wordt tracing of isolatie aangebracht om deze schommelingen te vermijden. In dat geval moet de tracing ook bewaakt worden en de isolatie geïnspecteerd
- rotameter (debiet) (viscositeit, temperatuur, densiteit).

Verstopping van tubing en meetbuizen

“Tubing” (bij drukmetingen) en meetbuizen kunnen verstopt raken door viskeuze stoffen, stoffen met een hoog stolpunt, vloeistoffen die vaste deeltjes bevatten of vervuilde stoffen.

In geval van drukmetingen kan men verstoppingen van de “tubing” vermijden door het gebruik van “seals” en een capillair.

Mechanische beschadiging van “tubing” kan optreden tijdens werken in de installatie. Het is daarom goede praktijk om langere stukken “tubing” te ondersteunen.

Invloed van trillingen op de metingen

Trillingen kunnen de levensduur van een meetelement verkorten of kunnen de goede werking verstoren, waardoor verkeerde meetresultaten bekomen worden. Een voorbeeld van dit laatste is een vortexmeting voor het meten van een debiet.

Afzettingen

Als gevolg van afzettingen van kleverige stoffen kan de goede werking van een meting verstoord worden of kan de responstijd verhogen. De inertie van temperatuursensoren wordt bijvoorbeeld groter als er een isolerende laag wordt op afgezet.

Afzettingen kunnen ook leiden tot het blokkeren van kleppen. Het is daarom belangrijk de actuator (klepmotor) voldoende krachtig uit te voeren.

E. Inspectie en onderhoud

De volledige functionaliteit van de instrumentele beveiliging moet geregeld getest worden. Hoe frequenter deze testen gebeuren hoe groter de betrouwbaarheid van de beveiliging.

De voorkeur gaat uit naar een kop-staart test die zo dicht mogelijk aansluit bij de reële werkingscondities van de beveiliging. Een alternatief is de uitvoering van de test in twee stappen:

- het deel van de instrumentele beveiliging van de meting tot het beslissingsorgaan
- het deel van de instrumentele beveiliging van de meting tot het beslissingsorgaan.

12.2.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

Bij het aanspreken van de instrumentele beveiliging zal er een bepaalde actie worden uitgevoerd die zal ingrijpen op het proces. Men dient systematisch na te gaan of deze ingreep geen aanleiding kan geven tot problemen. Hieronder volgen enkele voorbeelden.

Het onderbreken van een voedingsstroom naar een bepaald onderdeel (bijvoorbeeld om overvullen van dat onderdeel te vermijden) kan in bepaalde gevallen problemen geven stroomopwaarts, waar andere installatieonderdelen overvuld kunnen raken.

Het afsluiten van een stroom kan aanleiding geven tot het pompen tegen een gesloten afsluiter, waardoor de pomp zeer warm kan worden met alle gevolgen van dien (hoge druk, hoge temperatuur, thermische schok).

Het (te) snel sluiten van een afsluiter kan aanleiding geven tot vloeistofslag.

De oplossing van dergelijke problemen mag er niet in bestaan om de instrumentele beveiliging gewoonweg te schrappen. Daardoor verliest men een veiligheidsfunctie die wellicht noodzakelijk is om te komen tot de nodige risicoreductie.

Indien de problemen door de activering van de instrumentele beveiliging niet vermeden kunnen worden door een andere (gelijkwaardige) beveiliging, dan dient men bijkomende maatregelen te treffen om de risico's als gevolg van de werking van de beveiliging te beheersen.

In de voorbeelden die hierboven gegeven werden, kunnen problemen van overvulling van onderdelen stroomopwaarts van de afgesloten stroom opgelost worden door het plaatsen van bijkomende overvulbeveiligingen. De problemen met de pomp die draait tegen een gesloten uitlaat, kunnen vermeden worden door het stopzetten van de pomp gelijktijdig met het afsluiten van de perszijde, of men kan druk- en/of temperatuursbeveiligingen voorzien op de pomp.

Problemen met vloeistofslag kunnen beheerst worden door het implementeren van een aangepaste sluitingstijd van de kleppen.

Een ongewenste activering van een instrumentele beveiliging (door een fout in één van de componenten) kan leiden tot een ongewenste verstoring of stopzetting van een proces.

Indien de ongewilde activering van een instrumentele beveiliging ernstige veiligheidsproblemen met zich meebrengt, dan dienen maatregelen overwogen te worden om ongewenste werking te vermijden.

Men kan zich beschermen tegen een ongewilde activering als gevolg van een fout in de metingen door meerdere metingen te voorzien, waarbij meer dan 1 meting een bepaalde waarde moet registreren alvorens de correctieve actie wordt uitgevoerd.

Een typische configuratie die hiervoor wordt toegepast is 2oo3.

12.3 Correctieve menselijke handelingen

12.3.1 Effectiviteit

De overwegingen met betrekking tot de effectiviteit van correctieve menselijke acties zijn gelijkaardig aan deze geformuleerd bij instrumentele beveiligingen. De actie die moet worden uitgevoerd, moet in staat zijn om de vrijzetting te voorkomen.

De tijdigheid van de interventie is bij menselijke tussenkomsten veel kritischer dan bij automatisch werkende systemen. Mensen zijn immers trager dan machines als het aankomt op de verwerking van informatie. De tijd die een operator nodig heeft om een alarmsignaal op te vangen en op basis hiervan de juiste beslissing te nemen en over te gaan tot actie, is zeker niet verwaarloosbaar.

Indien een handeling in de installatie moet verricht worden, bijvoorbeeld het sluiten van een klep, dan moeten de verplaatsingstijd en de tijd nodig om de actie uit te voeren ook in rekening worden gebracht.

12.3.2 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van correctieve menselijke acties is eerder beperkt en kleiner dan die van instrumentele beveiligingen.

De volgende factoren hebben een belangrijke invloed op de betrouwbaarheid van correctieve menselijke handelingen als reactie op een alarm:

- weerstand en bescherming tegen schadelijke invloeden van metingen en eventuele kleppen die bediend moeten worden
- inspectie en onderhoud van alle "hardware" (metingen, alarmen, kleppen)
- ergonomisch ontwerp van de alarmering;
- verzekeren van de aanwezigheid van personeel op plaatsen waar het alarm wordt gegeven
- voorzien in duidelijke instructies en periodieke opleiding en training van de operatoren m.b.t. het uitvoeren van de correctieve actie.

12.3.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

Wat betreft de risico's die de corrigerende actie met zich meebrengt verwijzen we naar het deel over instrumentele beveiligingen.

In het geval de actie wordt uitgevoerd in de installatie (bijvoorbeeld het sluiten van een klep of het starten van de motor) moeten de risico's voor de veiligheid en de gezondheid van de uitvoerder geïdentificeerd worden en moeten de nodige maatregelen genomen worden. Men dient hierbij de

preventiehiërarchie te respecteren en dus zoveel mogelijk te vermijden dat de uitvoerder wordt blootgesteld aan gevaren, bijvoorbeeld door een bediening op afstand mogelijk te maken, voldoende ver verwijderd van mogelijke gevarenczones. In tweede en derde instantie komen collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen in aanmerking.

12.4 Lekbeperving via noodafsluiters

12.4.1 Effectiviteit

A. Reactietijd

De effectiviteit van een lekbepervende maatregel houdt verband met de mate waarin de maatregel erin slaagt om de vrijgezette hoeveelheden te beperken. Dat is in sterke mate afhankelijk van de tijd waarbinnen gereageerd wordt op het verlies van insluiting.

Deze reactietijd bestaat uit:

- de tijd nodig om het probleem te detecteren
- de tijd nodig om een beslissing te nemen omtrent de uit te voeren actie;
- de tijd nodig om de actie uit te voeren.

De reactietijd van de lekbepervende maatregel moet ingeschat worden en op basis daarvan kan men bepalen in welke mate de vrijgezette hoeveelheden kunnen beperkt worden.

In het geval van automatische detectie zijn het aantal en de locatie van de detectiepunten belangrijk om de vrijzetting effectief en voldoende snel te kunnen detecteren. In het geval van detectie door mensen zijn effectieve reactietijden enkel mogelijk in het geval van permanente aanwezigheid op de plaats waar een vrijzetting verwacht wordt.

De tijd om een beslissing te nemen is in het geval van een automatische actie verwaarloosbaar. Als er gerekend wordt op een menselijke beslissing, is het om te beginnen belangrijk dat de personen waarop gerekend wordt, het alarm opmerken. Ze moeten aanwezig zijn op de plaats waar het alarm gegeven wordt en het alarm moet gesignaleerd worden op een wijze die de aandacht trekt. Als verwacht wordt dat de persoon nog bijkomende acties onderneemt alvorens in te grijpen, zoals ter plaatse gaan kijken, dan moet dit ook meegerekend worden in de reactietijd.

De tijd nodig om de actie uit te voeren is functie van de aard van de actie en van het feit of dit al dan niet vanop afstand kan aangestuurd worden.

Wanneer de actie het sluiten van een klep inhoudt, is de tijdswinst en dus de effectiviteit veel groter bij afstandsgestuurde kleppen dan bij manueel (ter plaatse) bediende kleppen. Wat betreft de tijd nodig om handafsluiters te bedienen (na detectie van de vrijzetting), moet men rekening houden met:

- de beschikbaarheid (aanwezigheid, oproepbaarheid) van de bediener

- de afstand die moet afgelegd worden tussen de plaats waar de bediener zich bevindt en de klep
- de toegankelijkheid van de klep (trappen, pijpleidingen, doorgangen, ...)
- de tijd nodig om de klep te bedienen (bv. een handwiel het nodige aantal omwentelingen geven).

In het geval van een transfer naar een opvangvat, heeft het debiet waarbij deze transfer kan uitgevoerd worden een invloed op de reactietijd en dus op de effectiviteit. Hoe langer de transfer duurt, hoe langer de gevaarlijke stoffen in de lekkende omhulling de vrijzetting kunnen voeden. De compressie van de dampfase in het noodopvangvat moet in rekening gebracht worden. Indien er ademventielen geïnstalleerd zijn op het noodopvangvat, moeten deze gedimensioneerd zijn voor het maximale inkomende debiet.

Ook de tijd nodig om het noodopvangvat en het installatieonderdeel te verbinden, of om pompen of vacuümsystemen op te starten, moet in rekening gebracht worden.

B. Lekdichtheid van noodafsluiters

Noodafsluiters hebben als doel een leiding af te sluiten en moeten om effectief te zijn dus een voldoende interne lektheid garanderen. Controlekleppen zijn daarom geen ideale keuze als noodafsluiter. Echter, op plaatsen waar een controleklep aanwezig is, kan de plaatsing van een bijkomende noodafsluiter misschien moeilijk te verantwoorden zijn (afhankelijk van de situatie). In die gevallen kan geopteerd worden om de controleklep te beschouwen als noodafsluiter. De nodige aandacht dient dan wel besteed te worden aan het ontwerp van deze klep (dichtheid, faalpositie, gedrag bij brand).

C. Locatie van noodafsluiters

Noodafsluiters op opslagtanks en procesvaten dienen zo dicht mogelijk geplaatst te worden tegen het onderdeel dat ze beschermen, bij voorkeur dus als eerste component na de flensverbinding met de aangesloten leidingen.

D. Externe brand

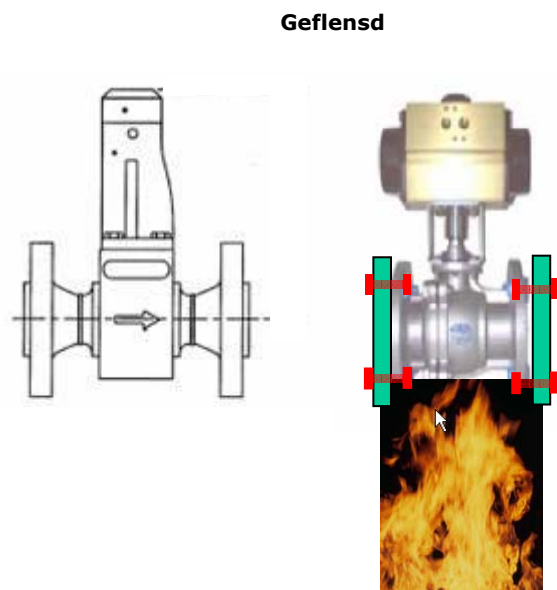
Indien noodafsluiters blootgesteld kunnen worden aan brand, dan moeten ze brandbestendig worden uitgevoerd. Dit betekent dat ze zowel intern als naar buiten toe gedurende minstens een half uur hun dichtheid moeten kunnen behouden.

De brandbestendigheid van een klep kan niet worden bepaald op basis van het ontwerp ervan of van de gebruikte materialen. Daarom zijn er enkele normen die testmethodes beschrijven om vast te stellen of een type klep al dan niet brandbestendig is. De meest actuele testmethode wordt beschreven in "ISO 10497:2004 Testing of valves - Fire type-testing requirements". Kleppen die volgens deze norm getest worden, dragen de vermelding "ISO-F".

Merk op dat de meest recente ISO-norm zich niet meer beperkt tot een bepaald type klep. Dus in principe kan elk type klep dat aan de vereisten voldoet volgens deze norm, gecertificeerd worden. Een probleem op dit vlak stelde zich voor verschillende types van kleppen wel met de oudere normen API 607 en BS 6755 part 2 die zich beperkten tot "soft-seated valves".

De hierboven beschreven normen beschrijven echter enkel een test van de klep op zich. Maar niet alleen de klep dient brandbestendig te zijn, ook moet de wijze waarop de klep wordt ingebouwd in de leiding verzekeren dat in geval van brand de dichtheid gedurende een zekere tijd gewaarborgd is.

In de praktijk is er één bepaalde manier van inbouwen waarbij ernstige vraagtekens geplaatst worden met betrekking tot de bestendigheid tegen brand, met name de zogenaamde "wafer"-montage. De onderstaande figuur toont het onderscheid tussen de geflensde en de gewaferde inbouwwijzen. Het valt te betwijfelen of de draadstangen die zich bij de "wafer"-montage onbeschermd buiten langs de klep bevinden, lang kunnen weerstaan aan een brand. Als niet kan aangetoond worden dat de draadstangen voldoende lang (een half uur brandweerstand) tegen brand beschermd zijn, worden op deze manier ingebouwde kleppen door de Belgische Seveso-inspectiediensten niet als brandbestendig aanvaard.



Figuur 12.1: inbouwwijze van kleppen

Een ander aspect van het inbouwen van een brandbestendige noodafsluiter is het gebruik van brandbestendige pakkingen. Voor alle flensverbindingen tussen de tank en de afstandgestuurde klep dienen brandbestendige pakkingen gebruikt te worden met een brandbestendigheid gelijk aan die van de klep, d.w.z. minimaal een half uur.

De enige garantie dat een pakking daadwerkelijk brandbestendig is, is ook hier een testcertificaat. Alhoewel hiervoor geen specifieke norm bestaat,

kan een pakking getest worden volgens de principes van de testmethode voor brandbestendige kleppen. In de praktijk zijn er verschillende pakkingen op de markt beschikbaar die een fire safe certificaat hebben volgens de hierboven beschreven normen voor brandbestendige kleppen.

12.4.2 Betrouwbaarheid

Maatregelen om een lek te beperken door het sluiten van noodafsluiters zijn vergelijkbaar met instrumentele beveiligingen en correctieve menselijke acties.

Voor wat betreft de "hard ware" componenten van de maatregel (zoals de detectiemiddelen, de afsluiters en het beslissingsorgaan in geval van automatische activatie) kunnen dezelfde factoren opgesomd worden als voor instrumentele beveiligingen:

- de gebruikte componenten
- de fouttolerantie
- de mate van zelfdiagnose
- het gedrag bij falen
- de weerstand en bescherming tegen schadelijke invloeden
- de inspectie en het onderhoud

Afhankelijk van de locatie van automatische detectiesystemen, moet bescherming tegen beschadiging door impact, weersinvloeden en bluswaterstralen overwogen worden.

Noodafsluiters die slechts zelden geschakeld worden, lopen het risico om na verloop van tijd vast te komen zitten of niet volledig meer af te sluiten. Naast een aangepast ontwerp van de klep, is periodieke inspectie een absolute noodzaak.

Voor noodafsluiters is de faalpositie in principe gesloten. Men dient echter steeds na te gaan wat de risico's zijn die aan een faalpositie verbonden zijn. Bijvoorbeeld, in het geval van een klep in een koelkring, kan een gesloten faalpositie aanleiding geven tot verlies van koeling en alle bijhorende problemen.

Indien er wordt gerekend op een menselijke tussenkomst zijn bovendien de volgende factoren relevant:

- ergonomisch ontwerp van de alarmering;
- verzekeren van de aanwezigheid van personeel op plaatsen waar het alarm wordt gegeven
- voorzien in duidelijke instructies en periodieke opleiding en training van de operatoren m.b.t. het uitvoeren van de correctieve actie.

12.4.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

A. Sluiten van handbediende noodafsluiters

Het is duidelijk dat een werknemer die zich in een installatie moet begeven, waar een vrijzetting werd

gedetecteerd, om een handbediende afsluiter te bedienen, een potentieel gevaarlijke taak uitvoert. Door het gebruik van afstandgestuurde kleppen worden deze risico's vermeden. Dat is één van de redenen waarom afstandgestuurde kleppen de voorkeur genieten boven handbediende afsluiters.

Kiest men toch voor handbediende afsluiters, dan moeten de risico's van de bediening ter plaatse in geval van een vrijzetting worden geïdentificeerd en geëvalueerd. Het is niet aanvaardbaar om de bediener van een manuele noodafsluiter bloot te stellen aan een risico met potentieel ernstige of dodelijke gevolgen.

In dat opzicht is het dus zeker niet aanvaardbaar:

- dat de bediener een explosieve atmosfeer betreedt (bescherming tegen een ontsteking is niet mogelijk)
- dat de bediener een toxische atmosfeer betreedt met concentraties waaruit hij niet zonder hulp zou kunnen ontsnappen of die zouden kunnen leiden tot ernstige of dodelijke gevolgen
- dat de bediener zichzelf zou blootstellen aan de gevolgen van brand (hitte, straling) waarbij hij ernstige of dodelijke verwondingen zou kunnen oplopen.

B. Ongewenste activering

De betrouwbaarheid van detectiesystemen is in bepaalde gevallen niet alleen een veiligheidsprobleem, maar ook een operationeel probleem. Valse metingen zorgen voor valse alarmen of onterechte stopzettingen van het proces. De hinder of het risico die een ongewenste activering met zich meebrengt, is niet gelijk voor elk installatieonderdeel. Algemeen gesproken zullen productieprocessen gevoeliger zijn voor automatische stopzetting dan een tankenpark.

Om de kans op ongewenste activering van de beveiliging te vermijden, kan men kiezen voor een schakellogica waarbij meerdere detecties nodig zijn om de actie uit te voeren (bijvoorbeeld: actie wordt enkel ondernomen wanneer op 2 punten een gevaarlijke detectie wordt gemeten). Op die manier zal de slechte werking van 1 detectiepunt geen aanleiding geven tot een automatische ingreep in de installatie.

C. Vloeistofslag

Het plotseling onderbreken van een vloeistofstroom kan een drukstoot veroorzaken.

Bij afstandgestuurde noodafsluiters kan de sluitingstijd ingesteld worden.

Het plots onderbreken van een productstroom kan ook andere risico's veroorzaken in de onderdelen die stroomopwaarts of stroomafwaarts gelegen zijn.

Als een noodafsluiter gesloten wordt in de aanzuigleiding van een pomp, dient de pomp te worden uitgeschakeld om kavitatie en/of oververhitting te vermijden. Bij afstandgestuurde noodafsluiters kan het sluiten van de noodafsluiter gekoppeld worden aan de automatische stopzetting van de pomp.

12.5 Dubbelwandige omhullingen

12.5.1 Effectiviteit

Om effectief haar insluitende rol te kunnen vervullen, moet de buitenste (of secundaire) omhulling bestand zijn tegen de druk, temperatuur en corrosieve condities die optreden als gevolg van een lek of scheur in de binnenste (of primaire) omhulling.

Vaak zijn de constructiematerialen voor de secundaire en primaire omhulling gelijk.

Het gebruik van andere materialen is echter niet uitgesloten op voorwaarde dat de materialen weerstand kunnen bieden gedurende de maximale periode dat de buitenste omhulling blootgesteld kan worden aan de lekvloeistof. Dit is functie van de kwaliteit van de detectie en de snelheid waarmee de tussenruimte vrij van product gemaakt kan worden.

In het geval van erg corrosieve stoffen (zoals broom, waterstoffluoride en sterk zuren) kan gebruik gemaakt worden van de een primaire omhulling die zeer corrosiebestendig is (uit kunststof of glas), maar weinig weerstand tegen impact heeft. De buitenste omhulling kan dan uitgevoerd worden in een veel sterker materiaal (bvb. staal), waarvan de corrosieweerstand veel beperkter is maar toch nog voldoende om een interventie toe te laten voordat een lek naar buiten optreedt.

12.5.2 Betrouwbaarheid

De secundaire omhullingen kunnen, net als de primaire omhullingen onderhevig zijn aan corrosie en eventuele andere degraderende effecten. Een analyse van de risico's van degradatie en een aangepast inspectieprogramma is dus ook voor secundaire omhullingen aan de orde.

Naast de goede staat van de secundaire omhullingen zelf mag de betrouwbaarheid van de aanwezige lekdetectiesystemen niet uit het oog verloren worden. De problematiek van de betrouwbaarheid van dergelijke systemen is gelijkaardig aan die van instrumentele beveiligingen. We verwijzen hiervoor naar het deel over instrumentele beveiligingen.

12.5.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

Stoffen die achter blijven in de secundaire omhulling, bijvoorbeeld na een lek of een druktest, kunnen aanleiding geven tot corrosie. Het is daarom belangrijk om dode ruimtes te vermijden waarin stoffen kunnen accumuleren en om na een lek of na werken de tussenruimten grondig leeg te maken.

12.6 Inkuipingen

12.6.1 Effectiviteit

Om effectief te zijn, moet de inkuiping voldoende capaciteit hebben om het grootst mogelijke lek dat verwacht kan worden, op te vangen. Desgevallend moet ook rekening gehouden worden met de hoeveelheid bluswater die in de inkuiping kan terechtkomen tijdens een interventie. Over het inhoudsvermogen van inkuipingen kan men naast reglementaire voorschriften tal van aanbevelingen vinden in de literatuur.

De inkuiping mag uiteraard geen lekken vertonen naar de omgeving. Uitzettingsnaden in de muren moeten zorgvuldig dichtgemaakt zijn. Doorvoeringen van pijpleidingen doorheen de muren moeten zoveel mogelijk vermeden worden. Indien ze toch aanwezig zijn moeten ze volledig afgedicht zijn met dichtingsmaterialen bestand tegen de stoffen die in de inkuiping kunnen worden vrijgezet.

Afvoerkanalen voor regenwater moeten gesloten zijn. Een alternatief is een permanente afvoer met een bewaking op de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in de inkuiping.

Om effectief te zijn, moet ook vermeden worden dat eventuele vloeistofstromen over de rand van de inkuiping terechtkomen. De afstand van de onderdelen tot de rand van de inkuiping en de hoogte van de inkuipingsmuren zijn wat dit betreft bepalende parameters.

De muren van de inkuiping moeten bestand zijn tegen de statische druk die heerst wanneer de inkuiping volledig gevuld is en tegen de hydrostatische druk van een vloeistofgolf die het gevolg kan zijn van het plots falen van een onderdeel in de inkuiping.

12.6.2 Betrouwbaarheid

Inkuipingen dienen, net zoals alle maatregelen, periodiek geïnspecteerd worden.

Typische aandachtspunten bij de inspectie van inkuipingen zijn:

- de gesloten stand van de afwatering
- de afwezigheid van rommel, vuil, plantengroei
- de goede staat van de afdichtingsnaden tussen de segmenten van de inkuipingsmuren en de doorvoeringen van de buizen
- de afwezigheid van barsten in de inkuipingsmuren
- de goede staat van eventuele spatschermen
- de goede staat en de bereikbaarheid van ladders en loopplatformen.

Naast de goede staat van de inkuiping zelf mag de betrouwbaarheid van de eventuele automatische systemen om de waterafvoer af te sluiten in geval van lek niet uit het oog verloren worden. De problematiek van de betrouwbaarheid van dergelijke systemen is gelijkaardig aan die van instrumentele beveiligingen. We verwijzen hiervoor naar het deel over instrumentele beveiligingen.

12.6.3 Risico's geïntroduceerd door de inkuipingen

Incompatibele stoffen opgeslagen in dezelfde inkuiping kunnen in geval van lekken onderling reageren. Stoffen kunnen bij vrijzetting ook in contact komen met water in de inkuiping, wat voor sommige stoffen aanleiding kan geven tot ongewenste reacties.

Inkuipingen houden de vrijgezette vloeistoffen in de buurt van de installatieonderdelen in de inkuiping. De vloer van de inkuiping kan voorzien worden van een helling om onvlambare vloeistoffen weg te leiden van de onderdelen die in de inkuiping geplaatst zijn. Op die manier kan men de blootstelling van deze onderdelen aan een eventuele vloeistofbrand beperken.

Veel inkuipingen hebben een groot grondoppervlak en laten dus ook grote plasoppervlakken toe, wat de verdamping van vrijgezette vloeistoffen in de hand werkt. Een mogelijke oplossing hiervoor is de vloer van de inkuiping te laten afhellen naar een diepe opvangput met een relatief klein oppervlak.

Om verdamping tegen te gaan, zeker van vloeibaar gemaakte gassen, kan aandacht besteed worden aan de isolerende eigenschappen van de vloer en de muren van de inkuiping. Er bestaan specifieke betonmengsels met verhoogde isolerende eigenschappen.

Inkuipingsmuren kunnen, afhankelijk van hun hoogte, de ventilatie hinderen. De hoogte van de muren en hun afstand tot de onderdelen in de inkuiping spelen hierbij een rol.

Als de natuurlijke ventilatie in de inkuiping erg zwak is, dan kan het noodzakelijk zijn om de inkuiping te beschouwen als een besloten ruimte.

De vloeistof in een inkuiping kan opwaartse krachten uitoefenen op onderdelen die volledig of gedeeltelijk ondergedompeld zijn. De nodige verankeringen moeten voorzien worden.

Via een open of lekkende afwatering van de inkuiping zou een brand in de inkuiping zich kunnen verspreiden. Het gesloten houden van de afwatering en een degelijk onderhoud ervan zijn uiteraard de eerste maatregelen om dit te vermijden. Daarnaast is het ook een goede praktijk om de afwateringskanalen te voorzien van een waterstop.

Het betreden van inkuipingen kan bijzondere risico's inhouden. In ieder geval moeten de nodige vluchtwegen voorzien worden. De vluchtwegen mogen niet belemmerd worden door tanks, leidingen, pompen en andere uitrusting opgesteld in de inkuiping. Voldoende trappen of ladders moeten voorzien worden om de inkuiping te kunnen verlaten.

12.7 Opvang- en afvoersystemen

12.7.1 Effectiviteit

Met de opvang- en afvoersystemen bedoelen we het geheel aan voorzieningen om hemelwater, lekvloeistof en bluswater op te vangen en af te voeren. Het bestaat in het algemeen uit een opvangvloer die hellend is uitgevoerd en de vloeistof leidt naar open opvangputten of opvanggoten afgedekt met een rooster. De opvangputten en opvanggoten staan verder in verbinding met afvoerkanalen die de opgevangen vloeistof leidt naar een verzamelput. Vandaar gaat het verder naar een grotere opvangput, de waterzuiveringsinstallatie of de openbare riool.

De vloeren die de lekvloeistof opvangen moeten ondoordringbaar zijn. Bijzondere aandacht moet besteed worden aan de uitzettingsnaden. Ze moeten chemisch bestand zijn tegen de stoffen die ze mogelijk te verwerken krijgen. Bovengrondse afvoerleidingen (bvb. komende van een verdieping) moeten beschermd zijn tegen brand.

De opvangvloer moet worden uitgevoerd met een helling die zo gekozen is dat lekvloeistof wordt weggevoerd van lekkende installatieonderdelen en eventuele kwetsbare uitrusting in de omgeving. Typische hellingsgraden van vloeren situeren zich tussen de 2% en 4%.

De hoogte van randen die de opvangzone afbakenen wordt berekend op basis van het maximaal te verwachten debiet in de opvangzone. De minimum aanbevolen hoogte is 10 cm.

Voldoende opvangputten of opvanggoten worden voorzien om het te verwachten lekdebet en de verwachte hoeveelheden bluswater af te voeren. Zowel de bluswatertoevoer van vast opgestelde systemen als deze van manuele brandbestrijdingssystemen moet in rekening gebracht worden.

Opvangputten kunnen verstopt raken door het afval dat meegeleurd wordt door regenwater of door lekvloeistof. De inlaten van de opvangputten worden daarom best overgedimensioneerd (typische waarde: 125%). Een goed ontworpen opvangput heeft ook een bezinkput om afval en vuiligheid te vergaren zonder de afvoer uit de put in het gedrang te brengen.

12.7.2 Betrouwbaarheid

Periodieke inspecties moeten verzekeren dat de opvang- en afvoersystemen in goede staat blijven.

Typische aandachtspunten bij de inspectie van opvangvloeren zijn:

- afwezigheid van rommel die de afloop naar de afvoerputten en goten verhindert
- afwezigheid van barsten in de vloeren
- goede staat van de opstaande randen.

Typische aandachtspunten voor opvangputten en opvanggoten zijn:

- goede staat van de roosters
- de roosters zijn niet verstopt met vuil
- de bezinkputten in de afvoerputten zijn leeg.

Typische aandachtspunten voor afvoerkanalen:

- afwezigheid van verstoppingen
- vloeistofdichtheid (geen barsten)
- goede staat van de afdekplaten (indien gebruikt)
- indien bovengronds en beschermd tegen brand: goede staat van de brandbescherming
- goede staat van de watersloten en olieafscheiders.

Typische aandachtspunten voor verzamelputten:

- de aanwezigheid en goede staat van eventuele ventilatiebuizen
- de goede staat van de deksels
- stand van de afsluiter naar de afvalwaterzuivering (indien aanwezig).

12.7.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

Afvoergoten en verzamelputten zijn plaatsen waar gevaarlijke vloeistoffen kunnen terechtkomen. In het geval van ontvlambare vloeistoffen kunnen deze putten en goten een belangrijke bron van brandgevaar vormen. Een locatie zo ver mogelijk van uitrusting, leidingen en pijpenrekken is dan aangewezen.

In het geval dat ontvlambare vloeistoffen moeten opgevangen worden, bevelen de NFPA-standaarden (30 en 15) aan om opvanggoten te voorzien van een open rooster over een deel van de breedte (bvb. $1/3^e$) en de rest van de breedte te voorzien van een gesloten deksel. Dit zorgt voor een vlamdempend effect en zou de vlamhoogte significant beperken.

Een ander risico is de verspreiding van ontvlambare of toxische dampen via de afvoerkanalen naar andere zones die niet onmiddellijk bedreigd worden. Indien ontvlambare mengsels via de afvoerkanalen een ontstekingsbron vinden, kan vlamterugslag optreden naar de plaats van vrijzetting. Deze risico's kunnen beheerst worden door het gebruik van vloeistofsloten.

Ontvlambare vloeistoffen die terechtkomen in afgesloten opvangputten kunnen aanleiding geven tot een explosieve atmosfeer. De accumulatie van ontvlambare gassen kan men tegengaan door op de putten een ventilatiepijp te plaatsen.

Ventilatie in een afvoerkanaal kan bevorderd worden door de diepte van het kanaal te beperken ten voordele van de breedte. Een typische verhouding van de breedte ten opzichte van de diepte bedraagt 2.

In opvangsystemen kunnen stoffen terechtkomen van de verschillende installatieonderdelen of zelfs van verschillende eenheden. Een grondige analyse

is vereist om na te gaan of er geen ongewenste reacties kunnen optreden.

12.8 Procesgebouwen

12.8.1 Effectiviteit

We behandelen hier een procesgebouw dat als functie heeft de verspreiding van vrijgekomen gassen en dampen tegen te gaan. Uiteraard zijn niet alle procesgebouwen ontworpen om die functie te vervullen.

Een gebouw kan de verspreiding van gassen of dampen slechts voorkomen indien het voldoende luchtdicht is uitgevoerd of indien er voldoende onderdruk aanwezig is. Die onderdruk moet aanwezig blijven nadat de gassen en dampen werden vrijgezet. Dit veronderstelt een voldoende afzuiging van de lucht uit de ruimte.

Een vrijzetting van gassen of dampen in een luchtdicht gebouw (zonder actieve afzuiging) kan een overdruk teweegbrengen. Het gebouw moet bestand zijn tegen de eventuele overdruk die kan optreden.

In geval men de verspreiding van toxische gassen naar de omgeving wil tegengaan, zal men moeten voorzien in een systeem om de toxische gassen of dampen uit de lucht te halen, bijvoorbeeld door de afgezogen lucht over een scrubber te leiden.

Het gebouw en het afzuigstelsel moeten uiteraard bestand zijn tegen chemische aantasting door de vrijgezette gassen en dampen.

12.8.2 Betrouwbaarheid

Periodieke inspecties moeten verzekeren dat het procesgebouw zijn veiligheidsfunctie (het voorkomen van verspreiding van vrijgezette stoffen naar de omgeving) effectief kan uitoefenen.

Aandachtspunten bij deze inspectie zijn:

- de goede werking van de afzuigsystemen (en de eventuele back-up systemen)
- de aanwezigheid van voldoende onderdruk
- de goede staat van de afdichtingen (ramen, deuren, ...).

12.8.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

De risico's van gevaarlijke atmosferen in een lokaal of een gebouw moeten beheerst worden. Continue detectie is nodig om eventuele aanwezigen tijdig te alarmeren en te laten evacueren. Het betreden van een ruimte met een gevaarlijke atmosfeer wordt verhinderd door het geven van een alarm ter hoogte van de ingangen.

In gesloten ruimten kan met een kleine hoeveelheid ontvlambare dampen of gassen een

explosieve atmosfeer gevormd worden. Bij ontsteking is de overdruk bovendien veel groter dan in open lucht. De vorming van een explosieve atmosfeer kan voorkomen of beperkt worden door geforceerde ventilatie. Bovendien is het belangrijk dat lekken van de ontvlambare vloeistoffen zo snel mogelijk worden afgevoerd via een gesloten afvoersysteem.

12.9 Brandwerende beschermlagen

12.9.1 Effectiviteit

Een brandwerende beschermlaag moet toelaten dat de beschermde schadedrager de warmte-input van de brand kan weerstaan en zijn integriteit kan bewaren gedurende de tijd die nodig wordt geacht om de brand te doven door de toevoer van brandstof naar de brandhaard af te sluiten of door middel van actieve brandbestrijding. Deze tijd wordt aangeduid met de term "brandweerstand" en is een essentieel kenmerk van de brandwerende beschermlaag.

De brandweerstand van materialen wordt bepaald door middel van tests en is dus geldig voor bepaalde genormeerde situaties. Men dient er rekening mee te houden dat de mate van bescherming in een concrete situatie zal afwijken van deze waarde. De brandweerstand is een eigenschap die vooral toelaat om verschillende passieve beschermingslagen te vergelijken. Het bepalen van de vereiste brandweerstand voor een welbepaalde schadedrager moet oordeelkundig gebeuren en met inachtnaam van de nodige veiligheidsmarges.

De keuze van een bepaalde brandweerstand is in principe functie van de tijd die nodig geacht wordt om de brand te blussen of om bijkomende koeling te voorzien door middel van vaste of mobiele watersproeisystemen.

Het is niet gemakkelijk om dergelijke inschattingen te maken en men mag hierbij geen al te optimistische en onrealistische veronderstellingen maken. Het is daarom belangrijk om zich te richten op de waarden die in de literatuur te vinden zijn, zoals in de API-standaard 2218 "Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants" en "Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities" van CCPS.

De brandwerende beschermlaag moet weerstand bieden tegen de impact van de waterstralen die kunnen ingezet worden tijdens bluswerken.

Een brandwerende beschermlaag die weerstand moet bieden tegen fakkelbranden moet ook bestand zijn tegen de impact van de bijhorende vloeistof- of gasstralen.

12.9.2 Betrouwbaarheid

Er zijn veel verschillende types van brandwerende beschermlagen. De keuze van het meest geschikte

type voor een bepaalde toepassing is zeer belangrijk. De gekozen materialen moeten weerstand kunnen bieden aan de omstandigheden waaraan de beschermlaag wordt blootgesteld. De chemische weerstand tegen de producten die op de beschermlaag kunnen lekken, is in dit verband een belangrijk aandachtspunt.

De goede staat van de beschermlagen moet periodiek geïnspecteerd worden.

12.9.3 Risico's geïntroduceerd door de maatregel

Onder de brandwerende laag kan corrosie optreden. Afhankelijk van de aard van de beschermlaag en de wijze waarop zij is aangebracht, kan de beschermlaag corrosie bevorderen. Sommige brandwerende beschermlagen bevatten chemische stoffen, in het bijzonder chloor, die corrosie van staal en aluminium kunnen veroorzaken. In ieder geval maakt de isolatie eventuele corrosie die optreedt, moeilijker te detecteren.

Indringing van vocht tussen de isolatie en de beschermde omhulling of staalstructuur kan vermeden worden door de brandwerende beschermlaag waterdicht uit te voeren.

Het gewicht dat de brandwerende beschermlaag toevoegt aan de schadedrager, moet gedragen kunnen worden.

12.10 Externe waterkoeling

12.10.1 Effectiviteit

Vier parameters zijn van doorslaggevend belang voor de effectiviteit van een watersproeisysteem:

- de responstijd
- het waterdebiet
- het besproeide oppervlak
- de watervoorraad.

De responstijd

De responstijd is de tijd tussen het begin van de brand en het aanbrenge van de waterkoeling. De responstijd van de waterkoeling als maatregel is de som van de responstijden van de drie samenstellende componenten: de detectie, de beslissing en de tijd nodig om het watersproeisysteem op te starten.

Automatische detectie geeft, zeker voor locaties waar geen continue aanwezigheid van mensen is, snellere responstijden dan menselijke detectie. In het geval men niet de brand zelf, maar de aanwezigheid van een ontvlambare atmosfeer detecteert, kan men zelfs negatieve responstijden realiseren, indien men de waterkoelsystemen preventief (dus nog voor het optreden van de brand) activeert. Belangrijk voor de snelle responstijd van de automatische detectie zijn het aantal en de oordeelkundige plaatsing van de detectiekoppen.

In het geval automatische detectie aanleiding geeft tot de automatische activering van het watersproeisysteem, is de beslissingstijd verwaarloosbaar. Indien de activering gebeurt door menselijke tussenkomst na het genereren van een alarm, dan is de beslissingstijd wel kritisch. Er moet rekening gehouden worden met de aanwezigheidsgraad van de plaats waar alarm wordt gegeven en met de eventuele tijd nodig om ter plaatse de situatie te evalueren, mocht dit vereist zijn alvorens het watersproeisysteem kan geactiveerd worden.

In het geval van vast opgestelde watersproeisystemen is de tijd nodig om deze in werking te krijgen in principe klein. Als de waterkoeling wordt aangebracht via manueel bediende waterkannonnen, moet rekening gehouden worden met de tijd nodig om deze kannonnen te bemannen en aan te sluiten op het brandnet.

Het waterdebiet

Om de vereiste waterdebieten te bepalen, kan men richtwaarden vinden in de literatuur, bijvoorbeeld in de publicaties NFPA 15 "Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection" en API 2030 "Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries".

Het besproeide oppervlak

Het aantal en de oriëntatie van de sproeikoppen moet verzekeren dat alle te beschermen oppervlakken besproeid worden. De onderkant van de vaten, ondersteuning en draagstructuren verdienen in dit verband bijzondere aandacht.

De watervoorraad

Waterkoeling biedt zijn beschermende functie uiteraard maar net zolang als er een voldoende waterdebiet naar het sproeisysteem kan gevoed worden. De waterreserve en de pompcapaciteit zijn hier de beperkende factoren. In bepaalde gevallen zijn ze een argument om niet te kiezen voor automatische activering om te vermijden dat water en pompcapaciteit gebruikt worden voor schade dragers die geen bescherming hoeven.

12.10.2 Betrouwbaarheid

Om defecten aan de waterkoelingssystemen zo veel mogelijk te beperken moeten ze bestand zijn tegen de schadelijke invloeden waaraan ze worden blootgesteld.

De waterleidingen moeten beschermd worden tegen vorst, corrosie, mechanische impact en brand.

Bluswaterpompen kunnen beschermd worden tegen brand en explosie door een pomphuis. Het is aanbevolen om dieselmotoren in een pomphuis te beschermen met een sprinklersysteem. Voor elektrische pompmotoren is bescherming van de vermogenkabels tegen brand een aandachtspunt, evenals de beschikbaarheid van de elektrische voeding.

Bij de keuze van gasdetectiesystemen moet aandacht besteed worden aan de aanwezigheid van stoffen die de detectiekoppen kunnen vergifigen en de goede werking ervan verstoren. Detectiesystemen en meldcentrales zijn doorgaans uitgerust met de nodige zelfdiagnose en geven alarm bij detectie van een fout. Ze worden tevens voorzien van een noodvoeding voor het geval de elektriciteit uitvalt. Omdat automatische detectiesystemen kunnen falen, moet er steeds voorzien zijn in een manuele activering.

De waterkoelingssystemen en de detectiemiddelen gebruikt voor hun activatie moeten periodiek geïnspecteerd worden.