

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Module 1: Cluster Bulk op- en overslag van vloeibare stoffen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Installatie 1: Opslagtanks onder overdruk</b>	<b>4</b>
2.1	Typen overdruk opslag tanks (drukvat)	4
2.2	LOC-scenario's bij opslag onder overdruk	8
<b>3</b>	<b>Installatie 2: Opslagtanks atmosferisch</b>	<b>16</b>
3.1	Typen atmosferische opslagtanks	16
3.2	Varianten binnen opslagtanks	17
3.3	Dome roof	17
3.4	GRE intern drijvend dak	18
3.5	Dubbel omsloten (cuptanks)	18
3.6	Geïsoleerde tank	19
3.7	Tankput	19
3.8	Onderdruk-scenario's	21
<b>4</b>	<b>Installatie 3: Opslagtanks ingeterpt /ondergronds</b>	<b>23</b>
4.1	Omschrijving	23
4.2	LOC-scenario's voor ondergrondse en ingeterpte opslagtanks	23
4.3	Vul-/loslocaties	25
<b>5</b>	<b>Installatie 4: Scheepsverladingsinstallaties</b>	<b>26</b>
5.1	Typen scheepsverladingsinstallaties	26
5.2	ESD kleppen	27
5.3	LOC-scenario's scheepsverladingsinstallaties	28
5.4	LOC-scenario's bij scheepsverladings door foutieve aansturingen	30
5.5	LOC-scenario's bij scheepsverladings binnen de dampverwerking	31
<b>6</b>	<b>Installatie 5: Tankauto verladingsinstallaties</b>	<b>33</b>
6.1	Typen tankauto-verladingsinstallaties	33
6.2	LOC-scenario's tankauto verladingsinstallaties	35
6.3	LOC-scenario's bij tankautoverladings door foutieve aansturingen	36
6.4	LOC-scenario's specifiek behorend bij wijze van belading/lossing (boven/onder)	38
6.5	LOC-scenario's bij tankautoverladings binnen de dampverwerking	39
6.6	LOC-scenario's bij damp(retour)leidingen	40

## Inhoud (vervolg)

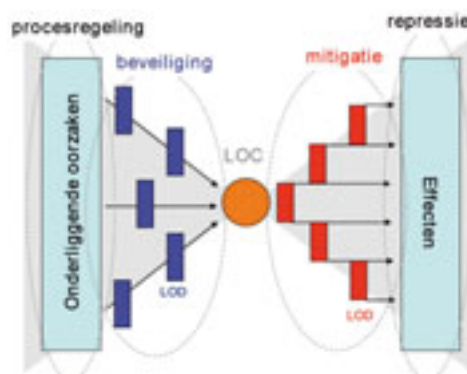
<b>7</b>	<b>Installatie 6: Spoorverladingsinstallaties</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Installatie 7: Pijpleidingen</b>	<b>43</b>
8.1	Typen leidingen	43
8.2	LOC-scenario's leidingen	44
8.3	Gasleidingen (cryogeen, tot vloeistof verdicht)	47
8.4	Damp(retour)leidingen	47
<b>9</b>	<b>Installatie 8: Manifolds/pompkamers</b>	<b>48</b>
9.1	Manifolds	48
9.2	LOC-scenario's manifolds	49
<b>10</b>	<b>Installatie 9: PIG receivers/launchers</b>	<b>51</b>
10.1	PIG receivers	51
10.2	LOC-scenario's met PIG receivers	52
<b>11</b>	<b>Installatie 11: Dampverwerkingsinstallatie (DVI)</b>	<b>54</b>
11.1	Soorten DVI-installaties	56
11.2	Gevaren binnen een DVI-systeem	58
<b>12</b>	<b>Installatie 12: Inertisering</b>	<b>61</b>
12.1	Ontwerp	61
12.2	Bewaking	61

# 1 Module 1: Cluster Bulk op- en overslag van vloeibare stoffen

Deze Module dient gehanteerd te worden naast de 'Algemene Module'.  
De Algemene Module bevat algemene informatie over de scenario's, waaronder:

- Soorten scenario's;
- Ontstekingsbronnen;
- Beoordeling LOD's;
- Vuistregels en schema's.

Deze Module beschrijft de denkbare scenario's voor mitigatie (beperken in de vorm van beheersen of bestrijden) bij 'Bulk op- en overslag van vloeibare stoffen'. Bij de uitwerking van de verschillende installatieonderdelen wordt een structuur aangehouden die is gebaseerd op het 'vlinderdas'-model. Hiermee wordt beoogd de herkenbaarheid en logische opbouw van een scenario met alle deelaspecten te benadrukken.



Bij diverse (petro)chemische bedrijven vindt, om pieken en dalen in het productieproces op te vangen, opslag plaats van zowel grondstoffen als (tussen) producten.

Daarnaast zijn er inrichtingen die zich specifiek bezighouden met de opslag van vloeistoffen en gassen. Deels voor de verhuur van deze capaciteit ten behoeve van derden, deels voor handelsdoeleinden, waarbij producten pas worden verkocht als de prijs zich gunstig heeft ontwikkeld.

Het is mogelijk dat op één inrichting verscheidene installaties aanwezig zijn die niet in deze Module voorkomen. In dat geval wordt verwezen naar de overige Modules. De Modules moeten dan in samenhang met elkaar worden gebruikt.

## 2 Installatie 1: Opslagtanks onder overdruk

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor opslagtanks onder druk:

Directe oorzaken	type Loss Of Containment			
	Instantaan	10 minuten	0,1D	Spill
Corrosie	-/-	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Impact	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Overdruk	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	-/-	-/-	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Operator fout	-/-	-/-	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zoals corrosie, operator fouten en defecte/foute onderdelen, is de belangrijkste specifieke en directe oorzaak voor lekkages overdruk. Verder komt het ook voor dat (extra) overdruk wordt gegenereerd door aanwezigheid van inerte gassen, bijvoorbeeld bij de opslag van ethyleenoxide, waar doorgaans een stikstofdeken aanwezig is boven de vloeistof.

De gevaars potentie bestaat uit een zeer snelle verdamping indien de stof bij een LOC vrijkomt onder atmosferische omstandigheden. Afhankelijk van de opslagcondities en het scenario kan ook nog een vloeistofplas ontstaan. Toxische stoffen leveren dus snel een belasting op voor de omgeving. Brandbare stoffen kunnen zowel direct, als na enige tijd (vertraagd) ontsteken en leiden tot een explosie en/of brand. Scenario's met brandbare stoffen kunnen escaleren als gevolg van de druk- en/of warmtebelasting.

### 2.1 Typen overdruk opslag tanks (drukvat)

De huidige Europese regelgeving (PED-Richtlijn) omschrijft een drukvat als een 'omhulling die ontworpen en vervaardigd is voor stoffen onder druk'. Drukvatens dienen altijd te voldoen aan de PED. De arbeidsinspectie is hiervoor het bevoegd gezag. Opslag onder overdruk betreft vooral opslag van tot vloeistof verdicht gas. De vloeistof is opgeslagen bij een temperatuur boven zijn atmosferisch kookpunt en is in evenwicht met de dampdruk bij de opslagtemperatuur. Voorbeelden zijn butaan, propaan (of mengsels), ammoniak, chloor en DME (dimethylether).

### 2.1.1 Boltanks

Boltanks worden veelal gebruikt voor de opslag van tot vloeistof verdichte gassen. Voorbeelden zijn propaan en butaan.



Preventieve maatregelen bij deze opslagen zijn:

- Goed ontwerp met zo weinig mogelijk leidingaansluitingen in de vloeistoffase;
- Waar mogelijk gebruik maken van gelaste leidingen;
- Niveauregeling en -beveiliging (soms meervoudig);
- Drukregeling en -beveiliging (soms meervoudig);
- Toepassing van de voor het product en de opslagcondities geschikte staalsoorten;
- Drukveiligheden (vaak meerdere) die bij opening het product afvoeren naar een veilige locatie;
- Passieve bescherming van dragende constructies.

Ex-zonering:

- Gasdetectie rondom, al dan niet gevolgd door (automatisch) ingrijpen;
- Maatregelen onder de opslagtanks ter beperking van de vorming van een groot plasoppervlak (afschot, afvoer naar veilige containment, een ondergrond welke bestand is tegen koudgekookte plassen, etc.).

### 2.1.2 Horizontale/verticale tanks

Voor horizontale tanks geldt dat deze vooral gebruikt worden voor opslag van kleinere hoeveelheden product. Met name afnemers hebben dit soort tanks (bijvoorbeeld LPG-tanks bij benzinestations). Bij opslagvoorziening in de industrie gaat het vooral om de opslag van minder courante producten. Op een productiefaciliteit zullen bijvoorbeeld bijproducten, off-spec producten of hulpstoffen in horizontale tanks worden opgeslagen. Ook afvalstromen kunnen voor verdere verwerking of in afwachting van afvoer in dergelijke tanks worden opgeslagen.

Horizontale tanks worden ook ondergronds of ingeterpt geïnstalleerd. Zie hiervoor hoofdstuk 4.



*Horizontaal drukvat*

Verticale tanks worden veelal gebruikt voor opslag van zuurstof, stikstof, perslucht en dergelijke. Dit type tank neemt minder ruimte in beslag.

Preventieve maatregelen zoals beschreven in 2.1.1 zijn gangbaar.

### **2.1.3 Dubbelwandige tanks (waterstof)**

Vanuit veiligheidsoverwegingen of vanwege economische aspecten worden enkele gassen onder druk opgeslagen in dubbelwandige tanks. Bij veiligheidsaspecten gaat het hier om de zekerheid dat bij een beschadiging van een van de wanden, het product niet gelijk vrijkomt naar de omgeving. Dit kan een beschadiging van de productzijde zijn, waarbij een beschadiging aan de tussenwand resulteert in opvang door de buitenste wand, zodat er geen LOC optreedt. Ook kan een externe beschadiging zich tot de buitenwand beperken en treedt er eveneens geen falen op van de complete installatie. Bij cryogene opslag is het voldoende koud houden van de opgeslagen stof tevens een economisch aspect. Tussen de twee wanden kan een vacuüm worden gecreëerd. Ook kan in de tussenruimte juist een isolerende stof zoals perliet (ook wel perlite) of schuimplastic/polyurethaan worden gebruikt. Zowel het vacuüm als het isolatiemateriaal voorkomt hierbij koudeverliezen naar de omgeving.

Preventieve maatregelen zoals beschreven in 2.1.1 zijn gangbaar.

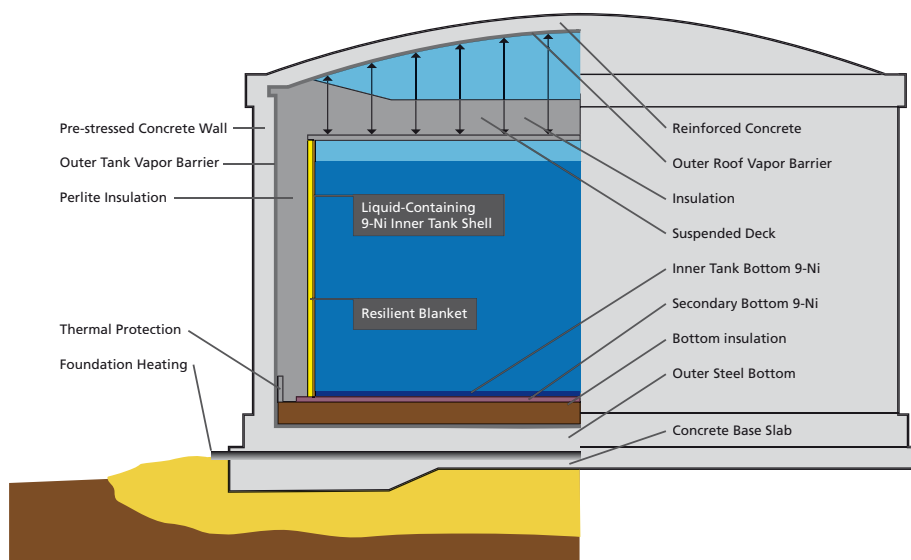
### **2.1.4 Membraamtank**

Membraamtanks worden toegepast voor het opslaan van cryogene gassen/vloeistoffen in met name schepen, bestemd voor vloeibaar aardgas (Liquefied Natural Gas, LNG). De toepassing van landtanks is in de praktijk niet bekend en zal daarom niet verder binnen deze Module behandeld worden.

### **2.1.5 Full containment tanks (Liquified Natural Gas opslag)**

Een 'full-containment tank' bestaat uit een metalen binnentank, uitgevoerd in hoogwaardig nikkelstaal, een volledig betonnen buitentank en een betonnen dak. Een thermische isolatie van perlietkorrels tussen de stalen binnentank met LNG en de betonnen buitentank, beperkt het afdampen van LNG tot maximaal 0,05 % van de tankinhoud per dag. Tevens voorkomen de perlietkorrels dat de betonnen buitentank in contact staat met de koude LNG. Mocht er een lek ontstaan in de stalen binnentank, dan stroomt het LNG in de tussenruimte en verdampt het direct door het contact met de relatief warme buitenwand. Bij een groot lek zal het LNG deels verdampen en zal de niet verdampte, koude LNG tegen de buitenwand gaan staan. Om die reden wordt er een extra stalen scherm tussen de betonnen bodem en de betonnen opstaande wanden aangebracht ter voorkoming van scheurvorming en instabiliteit van de betonnen buitenwand bij de verbinding met de bodem.

Het vullen van de tanks vindt plaats via twee openingen in het dak van de tanks. De bovenste opening wordt gehanteerd wanneer de aangevoerde LNG relatief zwaar is. De onderste losopening nabij de bodem wordt gebruikt wanneer er relatief lichte LNG wordt aangevoerd. Door, afhankelijk van de kwaliteit van het aangevoerde LNG, gebruik te maken van de daarvoor bedoelde losopening, wordt bereikt dat volledige menging van de verschillende LNG-kwaliteiten plaatsvindt. Hierdoor wordt voorkomen dat een 'roll over' optreedt; een plotselinge onderlinge verschuiving van niet gemengde LNG-kwaliteiten (vergelijkbaar met een stratificatieomkeerbeweging van water in een diepe waterpartij). Tijdens een 'roll over' worden grote krachten uitgeoefend op de opslagtank. Dit moet voorkomen worden omdat het kan resulteren in beschadiging van de opslagtank.



Full containment tank

### LNG-lekkages

Het vrijkomen van LNG heeft altijd tot gevolg dat de LNG verdampt en omgezet wordt in NG door toevoer van warmte uit de omgeving. De snelheid waarmee de verdamping plaatsvindt, is direct gekoppeld aan de bronsterkte voor de risicoanalyse.

### Kleine uitstroom

Bij kleine uitstromingen van LNG verdampt de LNG direct bij de bron. In deze gevallen wordt in de effectmodellering uitgegaan van het vrijkomen van gas in plaats van vloeistof.

### Plasverdamping

Indien de uitstroom groter is dan 10 kg/s, ontstaat er een plas, die verdampt door het onttrekken van warmte aan de omgeving. De verdampingsnelheid is afhankelijk van de oppervlakteverdampingsfactor ( $V_f$ ), welke afhangt van de thermische geleidbaarheid ( $\lambda_s$ ) en de thermische diffusiviteit ( $a_s$ ) van het oppervlak.

## 2.2 LOC-scenario's bij opslag onder overdruk

### 2.2.1 Lekkages aan flenzen, appendages en instrumentatie

#### Karakteristieken

Door één of meerdere van de onderstaande oorzaken kunnen lekkages optreden aan flenzen, appendages en instrumentatie:

- Corrosie of roestvorming kan diverse oorzaken hebben. Generieke oorzaken zijn aan de ene kant regenwater dat voor kortere of langere tijd de gelegenheid krijgt om op de installatie in te werken. Aan de andere kant kunnen ook de in de installatie opgeslagen stoffen aanleiding geven tot roestvorming. Zo bevat LPG altijd een hoeveelheid water. Met name de op druk belaste onderdelen van een installatie zijn gevoelig voor corrosie;
- Overdruk door het falen van de overdrukbeveiliging. Om te voorkomen dat een tank door drukopbouw volledig faalt, is deze uitgerust met een overdrukbeveiliging: een klep die bij een druk boven de gespecificeerde druk opengaat naar de atmosfeer of een opvangsysteem. Indien deze beveiliging niet goed werkt, kan er een overdruk ontstaan waardoor lekkages kunnen optreden;
- Lekkages kunnen ontstaan door het niet goed vastzetten na onderhoud, door falende bouten, verkeerde bouten, verkeerde pakkingen, temperatuurinvloed en corrosie;
- Operatorfouten bij het manueel bedienen van kleppen of het nemen van monsters.

#### Onderliggende oorzaken

Zie Module 4, hoofdstuk 6.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

- Gasdetectie leidend tot automatisch ingrijpen zoals inblokken;
- Drukmeting.

Zie verder PGS 12 en 21 voor voorschriften voor de installaties.

#### Correctieve LOD's

- Omgeving veiligstellen door middel van shut-down procedures;
- Manueel op afstand inblokken middels gemotoriseerde afsluiters.

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben:

#### Brandbare stoffen:

Flenslekkage (in de vloeistoffase) zal kunnen leiden tot een spuiters, waarbij een snelle verdamping optreedt (afhankelijk van de fysische eigenschappen  $T(\text{opslag})$  vs.  $T(\text{kook})$ ). Bij een laag kookpunt en een relatief hoge opslagtemperatuur ( $15^{\circ}\text{C}$ ) zullen de stoffen nagenoeg instantaan overgaan in gasvorm. Mogelijk komt een deel van de vloeistof op de ondergrond en vormt daar een plas van waaruit verdamping plaatsvindt. In dat geval vindt er dus in aanvulling op de primaire wolk nalevering van product plaats vanuit de plas.

Bij een directe ontsteking (dus nagenoeg onmiddellijk na het optreden van LOC) ontstaat een brand nabij de flens. Bij uitstroming onder druk ontstaat dan een fakkel. Die kan de directe omgeving aanstralen. Wanneer de fakkel direct vlamcontact maakt met omringende installatieonderdelen of de bol zelf, dan bestaat kans op escalatie.



Wanneer geen ontsteking plaatsvindt, treedt verspreiding op van een brandbare wolk waarbij de mogelijkheid bestaat dat deze ontstekingsbronnen treft op enige afstand (voertuig, fornuis, pomp, etc.). Dit is de zogeheten vertraagde ontsteking. Er treedt dan een snelle verbranding op van de wolk met een kans op drukopbouw, afhankelijk van de hoeveelheid stof binnen de explosiegrenzen, de soort stof en de mate van opsluiting van de wolk. Die ontsteking leidt tot:

- Een warmtebelasting van de omgeving, veelal kortstondig;
- Een drukbelasting, indien de voorwaarden voor een drukbelasting aanwezig zijn;
- Een vervolgrand nabij het lek als zich daar een vloeistofplas heeft gevormd.

Met name in het tweede en derde geval bestaat de mogelijkheid dat het incident escaleert.

#### **Toxische stoffen:**

Flenslekkage (in de vloeistoffase) zal kunnen leiden tot een spuiters, waarbij een snelle verdamping optreedt (afhankelijk van de fysische eigenschappen T(opslag) vs. T(kook)). Mogelijk komt een deel van de vloeistof op de ondergrond en vormt daar een plas van waaruit verdamping plaatsvindt. In dat geval vindt er dus - in aanvulling op de primaire wolk - aanvoer van damp plaats door verdamping vanuit de plas.

#### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Doelstellingen:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk;
- Bij een brand (van toxische stoffen) moet een afweging worden gemaakt tussen het gecontroleerd laten uitbranden en het enkel afschermen van de omgeving en blussen. Het blussen kan namelijk leiden tot een plas waaruit weer verdamping kan plaatsvinden mits deze niet goed is afgedekt.

#### **Brandbare stoffen:**

##### **Koelen/beschermen:**

De opslagtank zal middels waterkoeling beschermd moeten worden tegen opwarming van een omgevingsbrand (inclusief een fakkel/jet fire) en een brand onder de (bol)tank. Hierbij dient een geschikte ontwerpnorm - zoals de NFPA 15 - als uitgangspunt gehanteerd te worden. Er moet minimaal gekoeld worden met 10,2 LPM/m<sup>2</sup> applicatie middels een stationair systeem. Let op: de druk van het koelwater moet hoog genoeg zijn om bij een fakkelbrand in de vlam te kunnen dringen, anders is er geen sprake van koeling van het aangestraalde oppervlak.

Daarnaast wordt de dragende constructie van de (bol)tank gewoonlijk voorzien van passieve beschermingsmaatregelen om gedurende de standtijd van het incidentscenario de ondersteuning tegen opwarmen te beschermen.

##### **Blussen:**

Mobiele of vast opgestelde schuimapplicatie om een brandende plas af te dekken. Bij mobiele of vast opgestelde applicatie dient een geschikte ontwerpnorm - zoals de NFPA 11 - aangehouden te worden. Voor manschappen en mobiel materieel wordt verwezen naar de algemene Module. Een fakkel dient bestreden te worden door het afsluiten van de brandstof toevoer. Het wegslaan van de vlam van een fakkel heeft tot gevolg dat er een brandbare wolk ontstaat waardoor een explosie kan ontstaan. Bij de aanwezigheid van verhitte installatiedelen en wellicht nevenbranden is de kans hierop zeer groot.

**Toxisch:**

Mobiele of vast opgestelde waterschermen om verspreidende gaswolken te verdunnen en/of op te lossen dan wel neer te slaan. Eventueel mobiele of vast opgestelde schuimapplicatie om een plas af te dekken. Bij niet of moeilijk brandbare toxische stoffen geldt als aandachtspunt dat het toevoeren van schuim (b.v. 6% schuim en 94% water) op een koude plas de verdamping uit die plas bevordert. Zie Algemene Module omtrent bestrijdingswijze.

## 2.2.2 Overdrukbeveiliging wordt aangesproken

**Karakteristieken**

Overdrukbeveiligingen worden in één van de volgende gevallen aangesproken:

- Overvullen van de opslagtank;
- Omgevingsbrand;
- Corrosie in de beveiliging;
- Verkeerd onderhoud/materiaal van de overdrukbeveiliging (bijvoorbeeld verkeerde pakkingen gebruikt of verkeerde breekplaten);
- Metaalmoeheid van de veerbelasting in een overdrukbeveiliging.

Hierdoor komt een deel van de inhoud van de tank vrij. Afhankelijk van de aard van de opgeslagen stof (met name toxiciteit is hiervoor bepalend) zal de veiligheidsklep openen naar een gesloten systeem of naar de buitenlucht.

Het gesloten systeem kan de gasstroom bijvoorbeeld leiden naar een flare systeem (zie Module 4), of naar een tussenopslag waar bijvoorbeeld ook off-spec product wordt opgeslagen voor latere opwerking. In een dergelijk geval is geen sprake van een LOC.

**Onderliggende oorzaken**

- Operatorfout;
- Verkeerd onderhoud of een beheerssysteem met foutieve informatie over de toe te passen materialen of procedures;
- Defecte instrumentatie.

**Procesregeling en preventieve LOD's**

- Vulregeling gekoppeld aan drukmeting en niveaumeting;
- Controlerende functies binnen de procesregeling (cross checking). Hiermee wordt bedoeld dat de aansturing van de opslag verschillende parameters controleert op logische waarden. Bijvoorbeeld: een gelijkblijvend vloeistofniveau bij een oplopende druk klopt niet en zou moeten leiden tot een alarm.

**Zie verder PGS 12 en 21 over voorschriften voor de installaties.**

**Correctieve LOD's**

N.v.t.

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben (geldt niet voor afvoer naar gesloten systeem):

**Brandbare stoffen:**

Het opengaan van een overdrukbeveiliging leidt tot het ontstaan van een wolk met brandbare stof in de gasfase. Mogelijk komt een deel van de vloeistof mee uit de beveiliging waardoor er een spray/nevel ontstaat, waaruit vloeistof kan neerslaan in de omgeving. In dat geval vindt er - in aanvulling op de primaire wolk - aanvoer van product plaats door verdampende druppels (voordat ze de grond bereiken) en de verdamping uit de plas. De damp/gaswolk kan zwaarder zijn dan lucht of juist lichter. Lichte dampen/gassen stijgen op en vormen daarmee, door/na verdunning, een lager risico voor de omgeving. Hierbij dient opgemerkt te worden dat gassen (lichter dan lucht) die sterk gekoeld zijn, enige tijd laag bij de grond kunnen verblijven alvorens op te stijgen.

Wanneer geen ontsteking plaatsvindt, treedt verspreiding op van een brandbare wolk (zwaarder dan lucht of sterk gekoeld) met de mogelijkheid dat deze ontstekingsbronnen treft op enige afstand (voertuig, fornuis, pomp, etc.). Dan treedt een snelle verbranding op van de wolk met een kans op drukopbouw. Het effect (zoals de schade) van die drukopbouw is afhankelijk van de hoeveelheid stof die binnen het explosiegebied aanwezig is, de soort stof en de mate van opsluiting van de wolk. Die ontsteking leidt tot:

- Een intense warmtebelasting van de omgeving, veelal kortstondig;
- Een drukbelasting, indien de voorwaarden voor het ontstaan van een drukbelasting aanwezig zijn;
- Een vervolgrand nabij het oorspronkelijke lek (terugbranden naar de bron) als zich daar een vloeistofplas heeft gevormd;
- Additionele lekkages en branden als gevolg van schade veroorzaakt door de drukgolf.

Bij het incident op de tankopslag te Buncefield (11 december 2006) waren deze voorwaarden voor een drukbelasting aanwezig waardoor de ontsteking van de dampwolk leidde tot schade-effecten die ontstaan door een detonatie. Daarnaast is de hierboven beschreven escalatie opgetreden.

Bij een directe ontsteking (dus nagenoeg onmiddellijk na het optreden van LOC) ontstaat een fakkel. Die kan de directe omgeving aanstralen. Bij een goed ontwerp blaast de veiligheid altijd af in een veilige richting - dus van de opslag vandaan - waardoor de fakkel niet direct op de opslag kan inslaan.

#### **Toxische stoffen:**

Het opengaan van een overdrukbeveiliging leidt tot een toxische wolk. Mogelijk komt een deel van de vloeistof mee uit de beveiliging waardoor er een spray/nevel ontstaat, waaruit vloeistof kan neerslaan in de omgeving. In dat geval vindt er - in aanvulling op de primaire wolk - aanvoer van product plaats door verdampende druppels (voordat ze de grond bereiken) en de verdamping uit de plas.

Zowel voor toxische als voor brandbare stoffen geldt dat de overdrukbeveiliging door het afblazen afkoelt (voor expansie is warmte nodig die aan de omgeving onttrokken wordt). Hierdoor kunnen zich ijsachtige afzettingen op de beveiliging manifesteren. Het is mogelijk (door slecht ontwerp) dat hierdoor de beveiliging direct verstopt raakt of dat bewegende delen niet meer functioneren waardoor de afblaas niet meer naar behoren functioneert. Dit leidt dan tot een overdruk in het veiligheidssysteem.

#### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Doelstellingen:

- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

#### **Brandbare stoffen:**

##### **Koelen/beschermen:**

De opslagtank zal middels waterkoeling beschermd moeten worden tegen opwarming van een fakkelbrand. Hierbij dient een geschikte ontwerpnorm - zoals de NFPA 15 - als uitgangspunt gehanteerd te worden voor stationaire installaties. Er moet minimaal gekoeld worden met 10,2 LPM/m<sup>2</sup> applicatie.

##### **Blussen:**

Het overdruksysteem is op zich een beveiliging. Er wordt vanuit gegaan dat er geen brand ontstaat. Als die toch ontstaat, dan is er in de meeste gevallen sprake van een snel verlopende, intensieve brand. Elke vorm van brandbestrijding zal zich richten op de gevolgen die dit incident heeft naar de omgeving en naastgelegen objecten toe.

**Toxisch:**

Mobiele of vast opgestelde waterschermen om zich verspreidende gaswolken te verdunnen en/of op te lossen.

### 2.2.3 Het falen van leidingen

**Karakteristieken**

Door één of meerdere van de onderstaande, specifieke oorzaken kunnen leidingen – die zijn aangesloten op drukvaten - falen:

- Overvullen van de opslagtank in combinatie met het falen van de overdrukbeveiliging;
- Afscheuren door het falen van de dragende constructie van de opslag (met name boltanks). Door het falen van de supports kunnen op de leidingen naar de installatie krachten worden uitgeoefend, waardoor deze faalt.

In algemene zin wordt verwezen naar Module 4 omtrent scenario's met leidingen.

**Onderliggende oorzaken**

- Verkeerd onderhoud/beheer;
- Operatorfouten;
- Verkeerd ontwerp;
- Corrosie onder de passieve brandbescherming van de supports.

**Procesregeling en preventieve LOD's**

- Inblokken door het insluitsysteem (beperken van de hoeveelheid die uitstroomt);
- Doelmatig onderhoudsprogramma voor supports;
- Controlerende functies (zoals alarmen) binnen de procesregeling.

**Veiligheden (correctieve LOD's)**

- Afvoeren inhoud insluitsysteem naar Flare-systeem.

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben:

**Brandbare stoffen:**

Full bore (volledige diameter van de leiding) lekkages (in de vloeistoffase) zal kunnen leiden tot een spuiters, waarbij een snelle verdamping optreedt. Een groot deel van de vloeistof komt vrij op de ondergrond en vormt daar een plas die verdampt.

Bij een directe ontsteking (dus nagenoeg onmiddellijk na het optreden van LOC) ontstaat een plasbrand en een fakkel. Die kan de directe omgeving en de opslagtank zelf aanstralen. De kans op escalatie is groot.

Wanneer geen ontsteking plaatsvindt, treedt verspreiding op van een brandbare wolk (zwaarder dan lucht of sterk gekoeld) waarbij het mogelijk is dat deze ontstekingsbronnen treft op enige afstand (voertuig, fornuis, pomp, etc.). Er treedt dan een snelle verbranding op van de wolk met een kans op drukopbouw, afhankelijk van de hoeveelheid stof binnen de explosiegrenzen, de soort stof en de mate van opsluiting van de wolk. Die ontsteking leidt tot:

- Een warmtebelasting van de omgeving, veelal kortstondig;
- Een drukbelasting, indien de voorwaarden voor een drukbelasting aanwezig zijn;
- Een vervolgrand nabij het lek als zich daar een vloeistofplas heeft gevormd.

Met name in het tweede en derde geval kan het incident escaleren.

#### **Toxische stoffen:**

Een full bore lekkage (in de vloeistoffase) zal kunnen leiden tot een spuiters, waarbij een snelle verdamping optreedt. Een groot deel van de vloeistof komt op de ondergrond en vormt daar een plas van waaruit verdamping plaatsvindt.

#### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Doelstellingen:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk;
- Bij een brand (van toxische stoffen) moet een afweging worden gemaakt tussen het gecontroleerd laten uitbranden en het alleen afschermen van de omgeving en blussen. Het blussen kan namelijk leiden tot een plas waaruit weer verdamping kan plaatsvinden mits deze niet goed is afgedekt.

#### **Brandbare stoffen:**

##### **Koelen/beschermen:**

De opslagtank zal middels waterkoeling beschermd moeten worden tegen opwarming van een omgevingsbrand en een brand naast of onder de opslagtank. Hierbij dient een geschikte ontwerpnorm - zoals de NFPA 15 - als uitgangspunt gehanteerd te worden. Er moet minimaal gekoeld worden met 10,2 LPM/m<sup>2</sup> applicatie middels een stationair systeem.

Daarnaast worden de dragende constructies van (bol)tanks veelal voorzien van passieve beschermingsmaatregelen om gedurende een bepaalde standtijd de ondersteuning tegen opwarmen te beschermen.

##### **Blussen:**

Mobiele of vast opgestelde schuimapplicatie om een brandende plas af te dekken. Bij mobiele dan wel vast opgestelde applicatie dient een geschikte ontwerpnorm - zoals de NFPA 11 - aangehouden te worden. Voor manschappen en mobiel materieel wordt verwezen naar de Algemene Module.

Een fakkel dient bestreden te worden door het afsluiten van de brandstoftoevoer. Het wegslaan van de vlam van een fakkel, zonder dat de aanvoer is afgesloten, heeft tot gevolg dat er een brandbare wolk ontstaat waardoor een explosie kan optreden. Het wegslaan van de fakkel kan veroorzaakt worden wanneer er een gebonden straal op wordt gezet of wanneer het systeem wordt beschadigd als gevolg van verhitte installatieonderdelen en nevenbranden. Dit moet dan ook voorkomen worden door die brand te bestrijden en de betrokken onderdelen subtiel te koelen.

##### **Toxisch:**

Mobiele of vast opgestelde waterschermen om zich verspreidende gaswolken te verdunnen en/of op te lossen.

Eventueel mobiele of vast opgestelde schuimapplicatie om een plas af te dekken.

Bij niet of moeilijk brandbare toxische stoffen geldt als aandachtspunt dat het toevoeren van schuim (b.v. 6% schuim en 94% water) op een koude plas de verdamping uit die plas bevordert. Zie Algemene Module omtrent bestrijdingswijze.

## 2.2.4 Falen integriteit second Containment

### Karakteristieken

Bij dubbelwandige tanks kunnen de volgende scenario's leiden tot lekkages of het falen van het second containment:

- Falen van detectiesysteem in het second containment.  
Indien de ruimte van het second containment onder vacuüm staat of gevuld is met een inert gas, zal hier detectie op plaatsvinden. Bij het falen van deze detectie kan bijvoorbeeld corrosie leiden tot lekkage van de tank;
- Corrosie aan de tussenwand.  
Corrosie binnen het second containment is zeer lastig waar te nemen omdat dit normaliter ontoegankelijke ruimtes zijn;
- Corrosie door schadelijke stof in de tussenwand/mantel.  
Corrosiebevorderende stoffen binnen het second containment kunnen leiden tot corrosie die onontdekt blijft;
- Aanstraling door omgevingsbrand.

### Onderliggende oorzaken

- Slecht onderhoud/beheer;
- Operatorfouten (schadelijke stof binnen second containment of uitschakelen inertiesering of vacuüm.);
- Verkeerd ontwerp.

### Procesregeling en preventieve LOD's

- Gasdetectie binnen second Containment;
- Lekdetectie.

### Veiligheden (correctieve LOD's)

- Overdrukbeveiliging

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben:

### Brandbare stoffen:

Lekkages die uitkomen in het second containment, kunnen leiden tot het ontstaan van een explosieve atmosfeer. Ook kan een deel van de vloeistof zich als een koudgekookte plas verzamelen binnen het containment.

Een directe ontsteking is niet waarschijnlijk (hierbij wordt uitgegaan van een intacte buitenschil). Bij manipulaties aan de buitenschil (onderhoud) kan ontsteking plaatsvinden (juiste verhoudingen LEL, UEL) met een explosie tot gevolg. Indien in de eerste fase van het scenario (het vrijkomen bij onderhoud) geen directe ontsteking plaatsvindt, kan er een brandbare wolk vrijkomen waarbij de mogelijkheid bestaat dat deze wolk op enige afstand ontstekingsbronnen treft (voertuig, fornuis, pomp, etc.), met kans op escalatie. Zie paragraaf hiervoor.

### Toxische stoffen:

Lekkages binnen het second containment kunnen leiden tot het ontstaan van een toxische atmosfeer. Ook kan een deel van de vloeistof zich als een koudgekookte plas verzamelen binnen het containment. De stof kan vrijkomen bij manipulaties aan de buitenschil.

### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Doelstellingen indien geen ontsteking plaatsvindt:

- Het leegmaken van de opslagtank, gevolgd door het leegmaken van het second containment;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

**Brandbare stoffen:**

LOC stoppen door het leegmaken van de opslagtank gevolgd door het leegmaken (drainen) van het second containment. Bij ontsteking: zie paragraaf hiervoor. Eventueel mobiele schuimapplicatie binnen het second containment om een plas af te dekken. Hierbij geldt als aandachtspunt dat het toevoeren van schuim (b.v. 6% schuim en 94% water) op een koude plas de verdamping uit die plas bevordert. Zie Algemene Module omtrent bestrijdingswijze.

**Toxisch:**

Mobiele of vast opgestelde waterschermen om zich verspreidende gaswolken te verdunnen en/of op te lossen.

Eventueel mobiele schuimapplicatie binnen het second containment om een plas af te dekken. Bij niet of moeilijk brandbare toxische stoffen geldt als aandachtspunt dat het toevoeren van schuim (b.v. 6% schuim en 94% water) op een koude plas de verdamping uit die plas bevordert. Zie Algemene Module omtrent bestrijdingswijze.

Binnen ammoniakinstallaties worden soms kunststof ballen gebruikt om de verdamping van een ammoniakplas tot een minimum te beperken. Bij toxische stoffen die tevens brandbaar zijn, hebben deze ballen geen meerwaarde omdat ze zelf ook brandbaar zijn. Ze verliezen daardoor hun functie en kunnen zelf ontsteking van de plas veroorzaken middels statische electriciteit.

## 3 Installatie 2: Opslagtanks atmosferisch

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor atmosferische opslagtanks:

Directe oorzaken	Type Loss Of Containment			
	Instantaan	10 minuten	0,1D	Spill
Corrosie	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Impact	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Overdruk	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Onderdruk	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	-/-	-/-	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Operatorfout	-/-	-/-	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zoals corrosie, operator fouten en defecte of foute onderdelen, is de belangrijkste, specifieke en directe oorzaak voor lekkages: onderdruk en overdruk.

Onderdrukscenario's gaan vaak gepaard met uitstroming in het second containment (tankput) onder invloed van zwaartekracht. Overdrukscenario's gaan vaak gepaard met meer kinetische energie in de lekkage (bijvoorbeeld sproeiers of het openklappen van een tank) waardoor sneller dampvorming optreedt (groter explosierisico).

### 3.1 Typen atmosferische opslagtanks

Voor atmosferische opslagtanks zijn aparte documenten ontwikkeld omtrent mogelijke scenario's met dit type tanks. Het document Atmospheric Storage Tank- Technical Frame of Reference (CIV 02) is de eerste uit een reeks van drie publicaties van het Centrum Industriële Veiligheid over opslagtanks. Dit document bevat technisch inhoudelijke informatie omtrent atmosferische opslagtanks. Verder is er een complete set incidentscenario's ontwikkeld (CIV 04) voor atmosferische opslagtanks en een auditmethode voor de volledige analyse van brandveiligheid bij een opslagtank (CIV 03).

Omtrent het ontwerp van stationaire brandbestrijding systemen wordt verwezen naar:

- PGS 29;
- NFPA 11 en 15;
- IP-19.

Brandscenario's gelden veelal voor K1, K2 en boven hun vlampunt verwarmde stoffen. K3, K4 en andere vloeistoffen die minimaal 10 °C onder hun vlampunt worden opgeslagen, kennen een kleiner risico op brand. Als na ontsteking van een K3/K4 stof de brand vervolgens zelfonderhoudend kan zijn (daar is een speciale test voor, zie PGS 29, referenties), gelden dezelfde voorwaarden als bij K1, K2 en boven het vlampunt verwarmde stoffen. Extra aandachtspunt hierbij is dat er ook K2-stoffen kunnen zijn die bij ontsteking niet zelfonderhoudend zijn bij brand.



## 3.2 Varianten binnen opslagtanks

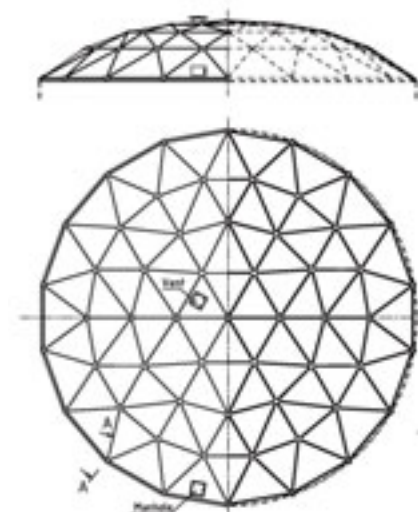
Binnen CIV02 is een groot aantal typen opslagtanks beschreven. Variaties die niet zijn omschreven worden hieronder behandeld. Daarnaast wordt ook nader ingegaan op scenario's voor de tankput:

- Opslagtanks met dome roof;
- GRE intern drijvend dak in combinatie met een dome roof;
- Dubbel omsloten (cup tanks);
- Volledig omsloten;
- Geïsoleerde tanks;
- Tankput.

Binnen het CIV 02 zijn onderdrukscenario's enigszins onderbelicht. Derhalve zal hier in paragraaf 3.8 specifiek aandacht aan worden besteed.

## 3.3 Dome roof

De dome roof wordt het meest toegepast voor het dichtmaken van voorheen extern drijvende daktanks. Ze worden veel toegepast in combinatie met biobrandstoffen. Dit wordt enerzijds gedaan om de emissies nader te beperken en anderzijds om intrede van water te voorkomen. De constructie is van aluminium en steunt op de bestaande tankwand. De dome kan dampdicht of met natuurlijke ventilatie worden uitgevoerd. Het intern drijvend dak blijft gehandhaafd of wordt vervangen door een lichter type drijvend dak (bijvoorbeeld GRE). Afhankelijk van het type intern drijvend dak dient vooralsnog te worden uitgegaan van rim-seal blussystemen of full surface blussystemen.



*Opbouw dome roof*

Omdat de dome het mobiel bestrijden van een eventuele brand in de tank ernstig hindert, wordt als uitgangspunt gehanteerd dat tanks eveneens voorzien worden van stationaire schuimblussystemen. Gedurende een (full surface) brand is het aannemelijk dat de aluminium onderdelen in de tank terechtkomen. Ook kan het dak of delen daarvan als gevolg van een explosieve ontsteking in de tank terecht komen. Afhankelijk van de grootte van deze delen, kunnen deze het verloop van het incident en de bestrijding ervan beïnvloeden. Zo zal bijvoorbeeld een aangebrachte schuimlaag, door de aanwezigheid van dakonderdelen, het plasoppervlak misschien niet voor 100% kunnen afsluiten.

De bestrijdingswijze is in de Algemene Module en de CIV-documenten omschreven.

### 3.4 GRE intern drijvend dak

GRE full contact drijvende daken worden steeds meer (in combinatie met aluminium dome roofs) toegepast bij atmosferische opslagtanks. De seals die bij deze daken worden gebruikt, sluiten goed af waardoor het product langer zijn oorspronkelijke specificatie behoudt.

Op dit moment is nog geen algemene consensus met alle betrokken partijen over de incidentscenario's voor deze opslagtanks. Producenten van deze daken gaan ervan uit dat er bij dergelijke opslagtanks geen brand kan ontstaan. Dit standpunt is onvoldoende onderbouwd en wordt daarom niet gedeeld door de brandweer. Vanuit de industrie is aangegeven - op basis van ervaring met vergelijkbare opslagtanks - dat branden in tanks met intern drijvend daken, enkele dagen kunnen aanhouden. Mogelijke scenario's zijn:

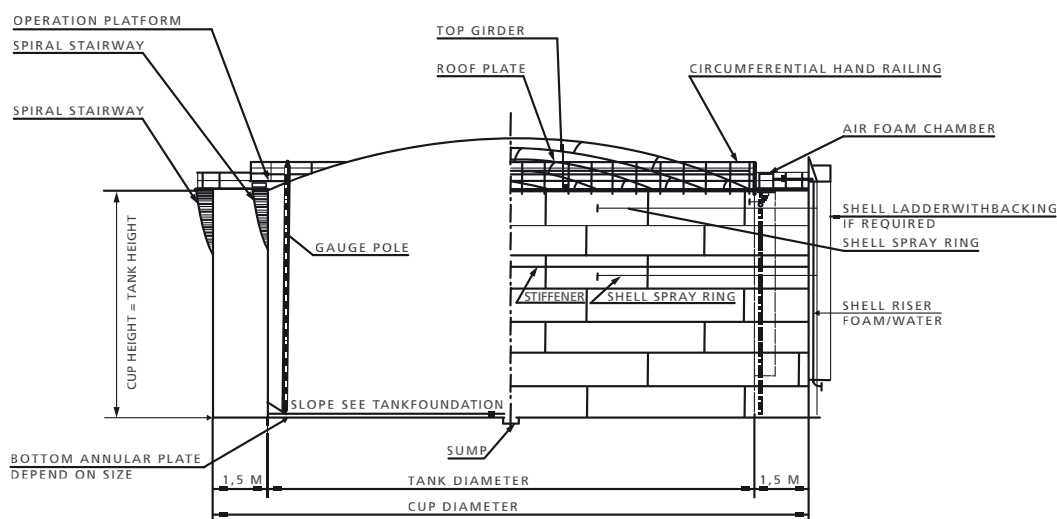
- Door bewegingen in de vloeistof bij het vullen of lossen, blijft het dak steken waardoor vloeistof op het intern drijvend dak terecht komt. Bij ontsteking leidt dit tot een full surface brand;
- Door een drukgolf in de toevoer kan een hoeveelheid vloeistof boven het intern drijvend dak terecht komen. Hierdoor kan door verdamping een LEL in de dampruimte boven het dak ontstaan. Bij ontsteking kan dit leiden tot beschadiging van het dak en het intern drijvend dak;
- Door een beschadigd of een gecorrodeerde rim seal kan een rimbrand ontstaan;
- Brand die kan ontstaan tijdens monsterneming en/of niveaumeting in combinatie met statische elektriciteit.

Voor de bestrijdingswijze wordt voornamelijk uitgegaan van een full surface tankbrand zoals beschreven is in de Algemene Module en documenten die door het CIV worden uitgegeven.

### 3.5 Dubbel omsloten (cuptanks)

Indien men optimaal gebruik wil maken van een ruimte kan voor cup tanks gekozen worden. Dit zijn standaardtanks die zijn omgeven door een tweede metalen schil (second containment). Op deze manier kan een tankput, die gewoonlijk dient als second containment, achterwege blijven. Een andere toepassing is een stalen tank in een betonnen omhulsel. Deze laatste tank wordt vaak gebruikt voor de opslag van tot vloeistof verdichte of cryogene gassen

Bij lekkages aan de buitenzijde van de tank of bij het falen van de tank, worden deze stoffen opgevangen in de tweede schil.



Cup tank

De scenario's die kunnen voorkomen in een cuptank zijn gelijk aan die bij normale atmosferische opslagtanks in een tankput. Lekkagescenario's in de tweede schil leiden bij ontsteking tot een brand in de tussenliggende ruimte. Naast de tank zelf is het daarom aan te raden ook de tussenliggende ruimte te voorzien van een schuimblussysteem. Omdat cuptanks redelijk dicht op elkaar staan, kan de 10 kW/m<sup>2</sup>-contour makkelijk de andere cuptanks bereiken. Daarom dienen cup tanks minimaal voorzien te worden van dakkoeling. Zie verder de Algemene Module en de CIV-documenten.

### 3.6 Geïsoleerde tank

De isolatie kan bij een omgevingsbrand in eerste instantie een extra beschermende factor tegen warmtestraling vormen. Helaas blijkt in de praktijk dat daar niet altijd vanuit kan worden gegaan. De isolatie kan vervuild zijn met brandbaar product. Door het grote oppervlak van het isolatiemateriaal wordt de brandbaarheid bevorderd. Het isolatiemateriaal kan afgedekt zijn met aluminiumplaten die vrij snel kunnen falen door de warmtestraling. Ook kan de isolatie afgedekt zijn met bitumen die, onder invloed van warmtestraling, kunnen worden ontstoken.

Door koelacties van de brandweer kan de isolatie weg worden geslagen. De afdekplaten kunnen hierbij gedeeltelijk blijven hangen. Daarom vragen tanks die voorzien zijn van een isolatie, extra aandacht bij de uitwerking van het scenario en tijdens het incident.

### 3.7 Tankput

Bij tankenparken geldt dat de tankput het tweede containment vormt.

Een lekkage in de tankput kan de volgende scenario's tot gevolg hebben:

- Een plas in de put (niet de gehele tankput) van een toxische of brandbare stof;
- Een plasbrand in de put bij ontsteking van de plas;
- Een met toxisch of brandbaar product volgestroomde put door het falen van een grote toevoer- of afvoerleiding aan de tank, of door het falen van de tank zelf;
- Een tankputbrand bij ontsteking.

Veelal gelden de tankputbrandscenario's voor K1, K2 en boven hun vlampunt verwarmde stoffen. K3, K4 en andere vloeistoffen die minimaal 10 °C onder hun vlampunt worden opgeslagen, kennen een klein risico op brand bij lekkages. Derhalve worden tankputbrandscenario's voor K3- en K4-stoffen buiten beschouwing gelaten. Hierbij dient wel vermeld te worden dat - eenmaal in brand, als gevolg van escalatie door bijvoorbeeld een brandende K1-tank - K3- en K4-stoffen even hevig branden als K1, K2 en boven hun vlampunt verwarmde stoffen.

#### 3.7.1 Plas of plasbrand in de tankput

Bij een plas of plasbrand in de put zijn de volgende bestrijdingsdoelstellingen van toepassing:

- Het afdekken van de plas;
- Het blussen van de plas bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproeibranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.
- Het terugbranden van de plas naar de bron, als de uitstroming tijdens de brand blijft doorgaan.

Bij een mobiele blussing wordt verwezen naar de Algemene Module. Mogelijk is de tankput voorzien van een stationair tankputbeschuimingsstelsel dat kan worden ingeschakeld. Dit stelsel dient ontworpen te zijn conform een geschikte ontwerpnorm, zoals de NFPA 11. De overige tanks dienen te zijn voorzien van stationaire koelstelsels conform een geschikte ontwerpnorm, zoals de PGS 29 of de NFPA 15. De NFPA 15 kent grotere waterhoeveelheden per m<sup>2</sup>, die ook werkzaam zijn wanneer de tank volledig door vlammen omgeven is. De hoeveelheden uit de PGS zijn alleen geschikt voor het koelen van tanks die worden aangestraald door een omgevingsbrand.

Het neerslaan van gassen en dampen gebeurt doorgaans met mobiele middelen.

Bij lekkages vanuit een tank kan het zijn dat er geen inbloeimogelijkheden zijn. Hierdoor kan de lekkage voortduren zolang er product in de tank aanwezig is. De enige optie is dan het leegpompen van de tank.

### 3.7.2 Vol gestroomde tankput (geen brand)

Bij een volgestroomde tankput zijn de volgende bestrijdingsdoelstellingen van toepassing:

- Het afdekken van de plas;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

Indien er geen ontstekingsgevaar én geen toxische dampen vrijkomen - bijvoorbeeld bij lage omgevingstemperaturen - kan het afdekken achterwege gelaten worden. Afdekken en neerslaan dient te gebeuren volgens de Algemene Module. Mogelijk is de tankput voorzien van een stationair tankputbeschuimingsstelsel dat kan worden ingeschakeld. Dit stelsel dient wel ontworpen te zijn conform een geschikte ontwerpnorm, zoals de NFPA 11.

### 3.7.3 Tankputbrand

De volgende aandachtspunten zijn van toepassing bij een tankputbrand:

- De uitvoering van koeling op de opslagtanks;
- Het netto tankputoppervlak. Een grote tankput vraagt een andere strategie dan een kleine tankput;
- De capaciteit van de tankput;
- Het vloeistofniveau in de opslagtanks die wordt aangestraald;
- Beschadigingen aan de overige tanks binnen de tankput (bijvoorbeeld n.a.v. een explosie);
- De afbrandsnelheid van het product in de tankput;
- De roetvorming van het product;
- Het ontstaan van toxische verbrandingsproducten;
- Het in voldoende mate aanwezig zijn van blusmiddelen en bluswater;
- De opvangcapaciteit van de tankput(gevaar voor overstromen);
- De hoogte en de uitvoering van de tankputwand;
- De benaderbaarheid (warmte straling).

De Algemene Module van dit document is niet van toepassing op dit scenario. Daarom wordt hieronder een voorzet gegeven voor de mogelijke bestrijding van het scenario en de theoretische bluswatercapaciteitsbepaling. In algemene zin kan wel gesteld worden dat de capaciteit van de bluswaternetten van bedrijven de bottleneck vormt bij de bestrijding van tankputbranden.

Tanks in andere omliggende putten en omliggende installaties met escalatiepotentieel, die zich binnen de bij dit scenario behorende 10 kW/m<sup>2</sup>-contour bevinden, dienen gekoeld te worden. Voor de theoretische bluswatercapaciteitsberekening dienen minimaal de capaciteiten uit een geschikte ontwerpnorm - zoals de NFPA 11 - te worden aangehouden. Andere relevante richtlijnen voor voldoende bluscapaciteit zijn de PGS 29, de NFPA 15 en de IP-19.

Zodra wordt begonnen met blussen, zal op enig moment besloten worden de stationaire koeling van de tanks af te schakelen om de schuimlaag intact te houden. Er bestaat een kans bij bestaande tankputten, o.a. afhankelijk van de bedieningslocaties, dat de koeling niet kan worden afgeschakeld of überhaupt niet kan worden ingeschakeld. Er dient gestreefd te worden naar het plaatsen van de bedieningslocaties buiten de 3 (bediening brandweer) of 1 (bediening zonder brandweerkleding) kW/m<sup>2</sup>-contour.

Installaties (niet de opslagtanks) en constructies die door vlammen zijn omgeven zullen – indien onbeschermd - bij koolwaterstofbranden binnen enkele tot 30 minuten falen en/of gaan branden. Dit kan betekenen dat ook dragende constructies van koelwaterleidingen kunnen falen, waardoor de stationaire koeling van de tanks zal stagneren. Opslagtanks hebben, afhankelijk van hun vullingsgraad, een langere standtijd omdat de vloeistofinhoud van de tanks een koelende werking heeft op de tankconstructie.

### 3.8 Onderdruk-scenario's

Opslagtanks zijn voorzien van veiligheidsinrichtingen die in werking treden bij overdruk én onderdruk. Een voorbeeld van een dergelijke veiligheid is een pressure/vacuüm (PV) valve (blz. 17 CIV 02), ook wel breather valve genoemd. PV valves worden gebruikt bij gesloten opslagtanks die zijn voorzien van dampretoursystemen of inertisering. Ook kan het zijn dat de tank van vents (open verbinding) is voorzien. Maar vanwege emissieregelgeving zal (zonder een intern drijvend dak) dit niet vaak of steeds minder voorkomen.

Onderdruk in een opslagtank kan in sommige gevallen leiden tot beschadiging of zelfs het falen van de tank.

- Als door blokkade van de PV valve/vents (door gestold product, verkeerd onderhoud of afblinden) onderdruk ontstaat;
- Als door onderdimensionering van de PV valve/vents onderdruk ontstaat.

Onderdruk kan worden veroorzaakt door:

- Zeer grote lekkage uit de tank;
- Het leegpompen van de tank met een te hoog debiet;
- Verlaging van de temperatuur in de ongeïsoleerde dampruimte door koude weersomstandigheden (sneeuw, hagelbui);
- Het laden van de tank met een temperatuur die veel lager is dan de oorspronkelijke temperatuur in de tank;
- Te lage suppletiehoeveelheid vanuit het inertiseringssysteem tijdens het leegpompen van de tank in combinatie met het falen van PV valves;
- Blokkade in het dampverwerkingsysteem tijdens het leegpompen in combinatie met het falen van PV valves.

Het blokkeren van PV valves kan veroorzaakt worden door slijtage van de valve, de aanwezigheid van gestold product in de valve of doordat de valve tijdens onderhoud is afgeblind/geblokkeerd en deze afblinding/blokkering vervolgens is vergeten.

Onderdimensionering van PV valves of vents kan leiden tot beschadiging van de tank doordat de te kleine toevoercapaciteit leidt tot een toename van de onderdruk in de tank bij een snelle verlaging van het vloeistofniveau.

#### **Karakteristieken**

Onderdruk in opslagtanks kan leiden tot:

- Het gedeeltelijk falen (imploderen) van de tank op de zwakste plek;
- Het volledig falen van de tank (inhoud komt instantaan vrij).

#### **Procesregeling en preventieve LOD's**

- Drukmeting op de tank;
- Niveau meting gekoppeld aan ontwerpparameters van de tank (bij overschrijding treedt een alarm in werking).

#### **Veiligheden (correctieve LOD's)**

- Overdruk- en onderdrukbeveiliging.

#### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Imploderen en falen van de tank leidt tot product in het second containment, de tankput. Voor bestrijding en beheersing wordt verwezen naar paragraaf 3.7.

## 4 Installatie 3: Opslagtanks ingeterpt /ondergronds

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor ingeterpte/ondergrondse opslagtanks:

Directe oorzaken	type Loss Of Containment			
	Instantaan	10 minuten	0,1D	Spill
Corrosie	-/-	-/-	G (T/E/B)	-/-
Impact	-/-	-/-	G (T/E/B)	-/-
Overdruk	S (T/E/B)	S (T/E/B)	S (T/E/B)	-/-
Wijziging/onderhoud	-/-	-/-	G (T/E/B)	-/-
Operatorfout	-/-	-/-	G (T/E/B)	-/-

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zoals corrosie, operatorfouten en defecte of foute onderdelen, is de belangrijkste, specifieke directe oorzaak voor lekkages en het falen van de tank: overdruk.

### 4.1 Omschrijving

Ondergrondse of ingeterpte tanks worden voor een diversiteit aan stoffen gebruikt (gasvormig en vloeibaar). Het veiligheidsrisico is beperkt, doordat de grondlaag de kans op ontsteking bij een eventuele lekkage sterk vermindert. Bij ondergrondse tanks is daarnaast de kans op beschadiging door impact erg klein. Wat wel kan spelen, is een verzakking van de tank door ondergraving of uitspoeling. Hierbij kunnen aansluitingen afgeschoven of beschadigd worden, met lekkage tot gevolg.

Een belangrijk aandachtspunt is corrosie, omdat inspectie van de tanks lage intervallen kent. Daarom wordt ook vaak een dubbelwandige tank gebruikt waarbij de tussenruimte als opvang fungeert in geval van lekkage.

Voor vloeibare aardolieproducten is er de PGS 28 omtrent voorschriften en veiligheidsmaatregelen bij ondergrondse tanks.

### 4.2 LOC-scenario's voor ondergrondse en ingeterpte opslagtanks

#### 4.2.1 LOC door corrosie

##### Karakteristieken

Bij ondergrondse en ingeterpte tanks kunnen lekkages ontstaan door één of meerdere van de volgende oorzaken:

- Corrosie van de tank door falende coating  
Om te voorkomen dat het materiaal van een tank corrosie vertoont, wordt deze ter bescherming voorzien van een coatinglaag. Naast verschillende verven wordt ook gebruikgemaakt van kunststoffen tanks of omhullingen;

- Falende galvanische bescherming of andere corrosieve bescherming. Met name tanks die in zure grond worden geplaatst, zijn extra gevoelig voor corrosie en daardoor voor beschadiging van de buitenwand. De meest gangbare methode om metalen tanks hiertegen te beschermen, is het aanbrengen van kathodische bescherming. Hierbij wordt een potentiaal over de tank aangebracht om zo verlies van metaal uit de tankmantel te voorkomen;
- Falende tank door een type coating dat niet geschikt is voor de grond. Denk bijvoorbeeld aan wortelingroei in bitumen waardoor corrosie een kans krijgt;
- Onjuiste grond om de tank, zoals stenen en dergelijke, waardoor corrosie kan optreden;
- Falend second containment door corrosie. Alleen relevant als de inwendige tank ook lek is of gefaald heeft.

#### Onderliggende oorzaken

- Slecht onderhoud/beheer;
- Operatorfouten;
- Verkeerd ontwerp.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

- Dampdetectie binnen second containment;
- Lek detectie door niveau meting.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

- Overdrukbeveiliging.

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben:

#### Brandbare stoffen:

Lekkages (behalve bij dubbelwandige tanks) zullen in de omliggende grond trekken. Bij gassen zullen deze door de grond omhoog komen en zich vervolgens verspreiden. Lokale afkoeling bij het lek kan tot ijsvorming leiden waardoor het lekkagedebiet (tijdelijk) afneemt.

Een directe ontsteking van de vrijgekomen gassen is niet waarschijnlijk. Bij manipulaties aan de buitenschil (onderhoud) van dubbelwandige tanks kan ontsteking plaatsvinden (juiste verhoudingen LEL, UEL), met een explosie tot gevolg. Indien de lekkage met voldoende debiet en over een langere periode kan plaatsvinden, kan er een brandbare wolk vrijkomen waarbij de mogelijkheid bestaat dat deze wolk op enige afstand ontstekingsbronnen treft (voertuig, fornuis, pomp, etc.), met kans op escalatie.

#### Toxische stoffen:

Lekkages van toxische vloeistoffen zullen in de regel leiden tot een beperkt effectgebied. Bij gassen kan er wel een effectgebied ontstaan door een toxische wolk.

#### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Doelstellingen indien geen ontsteking plaatsvindt:

- Het leegpompen van de tank;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

Bij ontsteking van vrijgekomen gassen op maaiveldhoogte, kan er lokaal een brand op de terp ontstaan. Naastgelegen installaties (leidingen, e.d.) dienen dan gekoeld te worden. Zie verder Algemene Module. Het blussen van de brand kan een brandbare wolk doen ontstaan, met risico op explosie.

Mobiele waterschermen om zich verspreidende gaswolken te verdunnen en/of op te lossen.



#### 4.2.2 LOC door overdruk

Door één van de volgende oorzaken kan er een overdruk in de tank ontstaan welke kan leiden tot lekkages of zelfs het falen van de tank:

- Het falen van de overdrukbeveiliging;
- Het falen van de onderdrukbeveiliging.  
Deze oorzaak kan eveneens leiden tot het falen van de tank. Afhankelijk van de belasting van buitenaf en met name door te snelle afname van het product uit de tank, bestaat ook de mogelijkheid dat deze implodeert. Om dit te detecteren en mogelijk de lossing van de tank stop te zetten, is deze in voorkomende gevallen voorzien van een onderdrukbeveiliging. Falen van deze beveiliging leidt tot imploderen van de tank, waarbij de LOC beperkt van omvang zal blijven;
- Het falen van de inertisering.  
Na het legen van een tank dient te worden voorkomen dat een explosief mengsel in de tank achterblijft. In principe kan dit in grote lijnen voorkomen worden door de tank niet geheel te legen. Een dergelijk low-level alarm is echter in de praktijk veelal een waarschuwing en kan worden overruled.  
Ook bij gevulde tanks kan, afhankelijk van de eigenschappen van het product, de explosiegrens worden verhoogd c.q. uitgesloten door boven het product zuurstof in de atmosfeer te verminderen of zelfs uit te sluiten. Een gangbaar LOD is inertiseren met stikstof. Bij het falen van deze inertisering kan een explosie in de tank optreden.

De effecten en de bestrijding zijn veelal gelijk aan die van de vorige paragraaf. Bij het instantaan falen bestaat wel de mogelijkheid dat de terp wordt beschadigd waardoor er een grote hoeveelheid product vrijkomt. Hierdoor kunnen alsnog bovengrondse plassen ontstaan. Voor de bestrijding: zie de Algemene Module.

Bij ondergrondse tanks zullen de effecten veelal beperkt zijn door de afschermdende grondlaag, maar ze kunnen zich wel verspreiden via aanwezige leidingen en appendages.

### 4.3 Vul-/loslocaties

Het vullen en lossen van ondergrondse en ingeterpte tanks levert gelijksoortige scenario's op als in hoofdstuk 6 'Tankauto verladingsinstallaties'.

## 5 Installatie 4: Scheepsverladingsinstallaties

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor scheepsverladingsinstallaties in algemene zin:

Directe oorzaken	type Loss of Containment	
	Catastrofaal	Lekkage
Corrosie	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Hoge temperaturen	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Trillingen	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Overdruk	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Externe belasting	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Impact	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken, zoals corrosie, hoge temperaturen en defecte of foute trillingen, overdruk en onderdelen, zijn de belangrijkste, specifieke en directe oorzaken voor het falen van verladingsinstallaties: breuk door externe belasting of impact.

### 5.1 Typen scheepsverladingsinstallaties

#### 5.1.1 Vaste laad-/losarm

De moderne verladingsinstallaties zijn uitgevoerd met vaste laad-/losarmen. Deze worden gekoppeld aan het schip, al dan niet in combinatie met een damp-retoursysteem. Volgens de 'benzine richtlijn' moet tijdens het laden van producten naar een binnenvaarttanker in een 'gesloten tankschip' het uitgedreven, licht ontvlambare lucht/kws-mengsel worden verzameld en naar een dampretourinstallatie worden geleid. Daarvan bestaan verschillende uitvoeringen, zie ook hoofdstuk 11. Vaak is sprake van een compressie van de damp met behulp van compressoren. Ook wordt de overgebleven gasstroom nog gescheiden in een membraamunit of een koelfilter. In een enkel geval worden de dampen verbrand in een incinerator. Vaste laadarmen maken gebruik van swivel joint. Met name bij schepen veranderen de posities van de laadarm en het te laden of te lossen schip, bijvoorbeeld doordat met afnemende lading het drijfvermogen van het schip toeneemt.



Swivel joint



Vaste laadarmen bij scheepsverlading

### 5.1.2 Slangen

Het komt ook voor dat verlading plaatsvindt met behulp van slangen. Een dergelijke installatie is doorgaans voorzien van minder LOD's (zie 5.2). Slangen zijn flexibel en kunnen bewegingen van het schip tijdens de belading wat makkelijker opvangen. Slangen vergen mogelijk wat meer onderhoud, maar worden onderworpen aan een streng keuringsregime. Om extra flexibiliteit in de slangen te realiseren, worden nog wel eens swiveljoint koppelingen gebruikt tussen slangen onderling en bij de aansluiting aan het schip.

Slangen worden ook vaak gebruikt bij boord-boord overslag. Eén van de problemen bij deze overslag is dat bij verlading van een lichter naar een zeeschip, de lichter via de dampretourleiding de vaak onbekende damp van het zeeschip 'terug krijgt'.

## 5.2 ESD kleppen

Om in geval van een calamiteit in korte tijd een gedeelte van de installatie af te sluiten, is veelal op kritische plaatsen gebruik gemaakt van kleppen. Deze zogenaamde Emergency Shut Down Valves (ESD-kleppen) kunnen zowel aangestuurd worden door een automatisch alarm op de installatie of in de controlekamer, als ook manueel door een noodknop. Per definitie is er sprake van een ongebruikelijke situatie bij het aanspreken van een dergelijke voorziening. Het escalatiepotentieel bij het falen van ESD-kleppen is, afhankelijk van de reden van aanspraak, erg groot.

ESD-kleppen kunnen falen door:

- Vervuiling (gebrekkig onderhoud);
- Aantasting (gebrekkig onderhoud);
- De klep is niet bestand tegen werkdruk;
- De aansturing van de klep is overbrugd;
- Het te snel sluiten van de klep bij het aanspreken van ESD.  
Het systeem is niet bestand tegen de drukschok die hierdoor ontstaat;
- Vastvriezen.

Naast bovengenoemde ESD-kleppen, die zich meestal bevinden in het vaste leidingsysteem, zijn vaste laadarmen vaak uitgevoerd met zogeheten dry-break koppelingen, ook wel emergency-release koppeling genoemd. Dit is een voorziening die ervoor zorgt dat bij een te grote scheepsbeweging tijdens de verlading, de verlading stopt. Ook als de laadarm faalt, slaan deze koppelingen aan beide zijden van de laadarm dicht, waardoor de vrijkomende producthoeveelheid beperkt blijft tot een minimum. Voor een dergelijke laadarm gelden ook faalmechanismen, zoals boven vermeld.



## 5.3 LOC-scenario's scheepsverladingsinstallaties

### 5.3.1 Lekkage van de koppeling met als gevolg vrijkomende gas of vloeistof (toxisch brandbaar).

#### Karakteristieken

Koppelingen kunnen gaan lekken door één van de volgende oorzaken:

- Er is een verkeerde pakking gebruikt (niet geschikt voor productsoort);
- De pakking is niet gecontroleerd voordat de koppeling werd gemaakt;
- De pakking is niet op tijd vervangen;
- De koppeling is beschadigd;
- Bij verschillende soorten koppelingen is niet de juiste verloopkoppeling gebruikt.

#### Onderliggende oorzaken

- Foute levering;
- Ontwerpfout.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

In relatie tot de onderliggende oorzaken, gaat het met name om een goed en juist onderhoudsysteem met voldoende borging.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

Correctieve LOD's betreffen met name het veiligstellen van de omgeving en het waar mogelijk inblokken van het systeem (al dan niet automatisch op basis van detectie).

Soms is nog een opvangvoorziening op de steiger aanwezig om te voorkomen dat de vloeistof in het oppervlaktewater terechtkomt.

Bij ernstige lekkages heeft het schip de mogelijkheid de verbinding met de wal te verbreken en weg te varen.

#### LOC-scenario's

Zie paragraaf 6.2 uit Module 4 'Cluster fabricage van (petro)chemische halffabrikaten en eindproducten' voor de beschrijving van de effecten. Specifiek voor de scheepsverlading kan nog worden opgemerkt, dat bij een vloeistoflekkage het product terecht kan komen in de haven. Dat kan leiden tot een grote plas vanwege de vrije spreiding op het water, althans bij vloeistoffen met een soortelijke massa kleiner dan water, die niet goed oplossen.

#### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Laad- en losarmen worden op zichzelf meestal niet voorzien van vast opgestelde repressieve systemen. Veelal heeft een steiger een aantal bluswaterkanonnen (op afstand bedienbaar, lokaal bedienbaar, oscillerend). Deze kanonnen hebben meestal tot doel de laad-/losinstallaties te beschermen tegen een omgevingsbrand (brand aan boord van het schip, plasbrand op het water). Voor de mobiele bestrijding van scenario's op de steiger wordt verwezen naar de Algemene Module. Bestrijding van scenario's op het water wordt door de havendienst opgepakt. Het kan voorkomen dat bedrijven of inrichtingen hun steigers hebben voorzien van stationaire koelinstallaties en zelfs schuiminstallaties met als doel het behoud van de steiger ten tijde van een brand.

#### Doel van de bestrijding:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

### 5.3.2 Lekkage van de Swivel joint met als gevolg vrijkomende gas of vloeistof (toxisch brandbaar).

#### Karakteristieken

Swivel joints van vaste laad-/losarmen en bij slangen (als koppeling) kunnen een LOC veroorzaken door één van de volgende oorzaken:

- Lekkage door corrosie;
- Falende overdrukbeveiliging;
- Manuele handelingen;
- Falende losarm door deining of beweging van het schip;
- Het gebruik van onjuiste pakkingen voor het medium waardoor pakkinglekkage optreedt.

#### Onderliggende oorzaken

De belangrijkste onderliggende oorzaken voor dit scenario zijn operatorfouten bij het aankoppelen, beweging van het schip en onjuiste pakking met als basisoorzaak een niet goed werkend onderhoudssysteem.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

- Goed werkend onderhoudssysteem;
- Gasdetectie/lekdetectie, lijdend tot het inblokken/stoppen van de verlading;
- Voldoende opgeleid personeel.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

- Omgeving veiligstellen door stoppen belading;
- Inblokken systeem (handmatig, automatisch of op afstand).

#### LOC-scenario's en Bestrijding (mitigerende/repressieve LOD's)

Voor de effecten en bestrijding zie paragraaf 5.3.1.

### 5.3.3 Lekkage van de slang met als gevolg vrijkomende gas of vloeistof (toxisch brandbaar)

Slangen kunnen een LOC veroorzaken door één van de volgende oorzaken:

- Verkeerde slang voor productsoort;
- Slang faalt doordat de slang een slechte kwaliteit heeft. Geen periodieke inspectie, testen uitgevoerd of beschadiging);
- Meer druk op slang dan waar deze voor geschikt is (procedurefout);
- Slang is niet goed uitgelegd, met knik/deuk erin;
- Slang schiet van koppelstuk af;
- Slang is niet schoon met vermenging en nevenreactie tot gevolg;
- Lekkage bij het koppelstuk (verkeerd aangesloten of via de pakking).

#### Karakteristieken

Slangen worden nog steeds op ruime schaal toegepast.

Er is ook geen wetgeving/regeling die het gebruik van slangen verbiedt/inperkt.

Zoals al eerder vermeld zijn de voordelen:

- Flexibel van aard;
- Makkelijk toe te passen in bestaande situaties.

Verder zijn de slangen onderhevig aan een streng keuringsregime waardoor de faalkansen tot een minimum zijn beperkt. Een complicerende factor kan zijn dat zowel de inrichting als ook het schip, eigen slangen gebruikt.

Voor de onderliggende oorzaken, LOD's, LOC's en de bestrijding wordt verwezen naar paragraaf 5.3.1. Bij boord-boordverladingen zonder tussenkomst van steigerinstallaties lopen lekkages over het schip en in de haven. Indien de steigerinstallaties gebruikt worden, kunnen zich ook scenario's voordoen op de steiger zelf. Boord-boordverladingen aan steigers vallen onder de Wm activiteiten van de inrichting. Boord-boord verladingen aan een boei vallen buiten de scope van dit document en zijn in de bestrijding een zaak voor de havendienst. Het kan voor komen dat bedrijven/inrichtingen hun steigers hebben voorzien van stationaire koelinstallaties en zelfs schuiminstallaties met als doel het behoud van de steiger ten tijde van een brand.

## 5.4 LOC-scenario's bij scheepsverladingen door foutieve aansturingen

### 5.4.1 Overvulling

Overvulling kan plaatsvinden aan landzijde of scheepzijde.

Foutieve aansturingen kunnen overvulling veroorzaken als:

- Er meer volume wordt geladen dan in het insluitsysteem kan;
- Er een te hoge vullingsgraad is;
- Het vuldebiet niet is aangepast aan de vullingsgraad;
- Het schip blijft doorlossen terwijl op het land bijvoorbeeld de tank vol is en geen afname plaatsvindt. Zie verder hoofdstuk 2, 3 en 4;
- De beveiligingssystemen overbrugd zijn;
- Er een te hoge lossnelheid van het landsysteem is.

#### Karakteristieken

In algemene zin kan worden opgemerkt dat overvulling met name een probleem is bij of in systemen, die onvoldoende hardware-matig zijn beveiligd. De menselijke factor speelt bij verladingen een belangrijke rol en het is dan ook van belang dat niet alleen procedureel en qua kennis de zaken goed zijn afgedekt, maar dat er ook hardware-matig voldoende LOD's aanwezig zijn.

Het gaat dan met name om (betrouwbare) niveaumetingen/-beveiligingen naast voldoende toezicht.

Soms zijn procedures sequentieel dermate goed beveiligd, dat het (nagenoeg) onmogelijk is een verkeerde tank te vullen of een reeds gevulde tank.

#### Onderliggende oorzaken

In algemene zin gaat het bij dit scenario om het niet volgen van een procedure en onvoldoende toezicht tijdens de verlading.

Voor de LOD's, LOC's en de bestrijding wordt verwezen naar paragraaf 5.3.1.

## 5.4.2 Overdruk

Foutieve aansturingen kunnen overdruk veroorzaken als:

- Het verkeerde product wordt beladen;
- Vanuit het schip wordt gelost in een tank met verkeerd product. Dat geeft reactie met drukopbouw richting schip. Zie verder hoofdstuk 2, 3 en 4;
- Bij een te hoge beladingsnelheid;
- Bij een te hoge druk bij het beladen;
- De beveiligingssystemen overbrugd zijn;
- Er een te hoge lossnelheid van het landsysteem is.

### Karakteristieken

In algemene zin gaat het bij dit scenario om het niet volgen van een procedure en onvoldoende toezicht tijdens de verlading. Een specifieke oorzaak zou nog kunnen zijn: een te hoge druk als gevolg van aanwezigheid van inert gas. Sommige systemen worden bedreven onder een inert gasdeken, waardoor er reeds sprake is van een zekere voordruk in het systeem. Bij overslag naar een dergelijk systeem zonder dampretour bestaat de kans op een hoge druk, gevolgd door lekkage.

Voor de LOD's, LOC's en de bestrijding wordt verwezen naar paragraaf 5.3.1.

## 5.5 LOC-scenario's bij scheepsverladings binnen de dampverwerking

Bij scheepsverlading wordt door dampverwerkingsinstallaties eveneens voorkomen dat restdampen in de atmosfeer verdwijnen. Net als bij de overige verladings gebeurt dit veelal bij gevaarlijke en schadelijke dampen.

Door afwijkende regelgeving voor zeeschepen is het gebruik bij scheepsverladings van licht ontvlambare stoffen over het algemeen niet op te leggen aan de reders. Voor zeer toxische stoffen kan de toepassing wel worden geëist door de handhaving.

In hoofdstuk 11 worden de verschillende manieren van dampverwerking besproken en de daarbij behorende gevaren.

### 5.5.1 Explosie

Een explosieve atmosfeer nabij of binnen de dampverwerking kan gedurende de verlading ontstaan door:

- De verladen stof is onverenigbaar met dampverwerkingsysteem (drukopbouw);
- De verladingssnelheid/debiet is te hoog voor dampverwerkingsysteem wat leidt tot onverwerkte dampen;
- Het verladen zorgt voor te snelle afkoeling in het dampstelsel waardoor onderdruk ontstaat richting het schip;
- Het overvullen van het scheepscompartiment, waardoor vloeistof in het dampverwerkingsysteem komt;
- Het specifiek laden; de systeemdruk van de scheepsinstallaties is hoger dan de walinstallaties met doorslag naar de walinstallaties tot gevolg. Andersom kan ook het geval zijn waardoor er doorslag plaatsvindt van de walinstallaties naar het schip;
- Scheepsinstallaties zijn onvoldoende geïnertiseerd of gespoeld waardoor bij het aansluiten niet verwachte dampen/gassen in de dampverwerking kunnen komen.

### **Karakteristieken**

De essentie van het scenario is het ontstaan van een explosief mengsel in de dampverwerking of in de omgeving van het lek. Vervolgens ontstaat een ontbranding door de aanwezigheid van een ontstekingsbron. Dat kan het gevolg zijn van statische elektriciteit, maar ook van een heet oppervlak of zelfs open vuur. Dergelijke scenario's kunnen zorgen voor een groot schadebeeld binnen de dampverwerking met mogelijke escalatie naar opslagtanks en schepen.

### **Onderliggende oorzaken**

Het niet volgen van de procedures maar ook onvoldoende toezicht, kunnen leiden tot dit scenario.

### **Procesregeling en preventieve LOD's**

Preventief kan een explosiescenario worden afgedekt door:

- Te voorkomen dat een explosieve concentratie ontstaat. Dit kan op verschillende manieren worden voorkomen (zuurstofarme atmosfeer, inertisering, concentratiemeting, grote mate van verdunning, dus veel lucht, etc.);
- Te voorkomen dat ontsteking plaatsvindt (aarding i.v.m. statische elektriciteit, ATEX-richtlijnen, isolatieflenzen, etc.);
- Sluitende werkprocedures voor het personeel.

### **Veiligheden (correctieve LOD's)**

Correctieve LOD's buiten explosie arrestors zijn problematisch bij een explosie. Het gevolg van een explosie is vaak een brand, die wel kan worden bestreden, maar het scenario is dan al opgetreden. Explosies of explosieve verbrandingen zijn als scenario niet bestrijdbaar en moeten om die reden dan ook preventief worden afgedekt. Voor betreffende explosie arrestors wordt verwezen naar hoofdstuk 11.

### **LOC-scenario's**

Een explosie in het dampverwerkingsysteem kan vergaande gevolgen hebben. De installatie zal grote schade oplopen met kans op letsel voor in de omgeving aanwezige personen. Bovendien bestaat er - afhankelijk van de locatie - ook nog kans op escalatie naar andere installatieonderdelen.

### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Zie hiervoor de opmerking over het niet-bestrijdbaar zijn van een explosie.



## 6 Installatie 5: Tankauto verladingsinstallaties

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor tankautoverladingsinstallaties in algemene zin:

Directe oorzaken	type Loss of Containment	
	Catastrofaal	Lekkage
Corrosie	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Hoge temperaturen	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Trillingen	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Overdruk	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Onderdruk	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Externe belasting	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Impact	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zoals corrosie, hoge temperaturen, trillingen, overdruk, onderdruk en fouten bij wijziging/onderhoud, zijn de belangrijkste, specifieke en directe oorzaken voor het falen van verladingsinstallaties: breuk door externe belasting of impact.

De verlading bij tankauto's levert in grote lijnen dezelfde scenario's op als bij scheepsverlading en spoorverlading. Doordat de omgevingsfactoren deels afwijkend zijn, zijn de scenario-ontwikkeling en de repressieve LOD's in sommige gevallen anders. In de gevallen waar dat afwijkende beschrijvingen geeft, is dat aangegeven.

Scenario's met tankauto's komen overeen met scenario's met trailers waarop een tankcontainer staat.

### 6.1 Typen tankauto-verladingsinstallaties

#### 6.1.1 Vaste Laad-/losarmen

Net als bij de scheepsverlading, gebeurt deze activiteit ook vaak met vaste laad-/losarmen. De verlading vindt doorgaans plaats met een dampretoursysteem. Er kan nog onderscheid gemaakt worden in het vullen van de tankauto via de boven- en onderkant. Deze laadarmen zijn veelal niet voorzien van de bij de scheepsverlading besproken dry break koppelingen.

De belading vindt plaats op een weegbrug op basis van gewicht.

Algemene LOD's zijn:

- Belading onder toezicht;
- Vaak automatische afslag van de beladingspomp(en) bij het bereiken van het ingestelde gewicht (gewichtssensors);
- Slagbomen, die gesloten moeten zijn, wil er beladen kunnen worden;
- Aanrijdbeveiligingen, stootblokken;
- Dodemansknop voor de chauffeur;
- Noodstoppen op meerdere locaties;
- Beveiliging op te hoge laadsnelheid;
- Hoge drukalarmering en beveiliging;
- Wegrijdbeveiliging voor het geval de tankauto wegrijdt met aangekoppelde slang (dry break koppeling);
- Ex-zonering;
- Productopvang.

Niet al deze LOD's zijn per definitie op elke verlaadlocatie aanwezig.



Vaste laad/los arm

### 6.1.2 Slangen

Ook slangen worden toegepast bij tankautoverlading.

Voor de LOD's geldt hetzelfde als hierboven vermeld met als uitzondering dat hier weer wel dry break koppelingen kunnen worden toegepast (voor wegrijden zonder af te koppelen). Per locatie kan worden nagegaan of en welke LOD's aanwezig zijn.



Dry break koppeling



### 6.1.3 ESD-kleppen

Om in geval van een calamiteit in korte tijd een gedeelte van de installatie af te sluiten, is veelal op kritische plaatsen gebruikgemaakt van ESD-kleppen. Zie verder paragraaf 5.2.

## 6.2 LOC-scenario's tankauto verladingsinstallaties

### 6.2.1 Lekkage van de koppeling of swivel joint met als gevolg vrijkomende gas of vloeistof (toxisch brandbaar)

#### Karakteristieken

Koppelingen kunnen gaan lekken door één van de volgende oorzaken:

- Er is een verkeerde pakking gebruikt (niet geschikt voor productsoort);
- De pakking is niet gecontroleerd voordat de koppeling werd gemaakt;
- De pakking is niet op tijd vervangen;
- De koppeling is beschadigd;
- Bij verschillende soorten koppelingen, is niet de juiste verloopkoppeling gebruikt (dit scenario is met name van belang bij verlading met een aansluiting aan de onderkant van de tankauto);
- Lekkage door corrosie;
- Falende overdrukbeveiliging;
- Manuele handelingen (met name: het niet goed vastzetten van de arm, het verplaatsen van de tankauto door niet goed te blokken);
- Er zijn onjuiste pakkingen gebruikt voor het medium waardoor pakkinglekkage optreedt.

#### Onderliggende oorzaken

- Foute levering;
- Ontwerpfout.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

Zie paragraaf 6.1.1 voor de lijst met LOD's.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

Omgeving veiligstellen via noodstop.

#### LOC-scenario's

Zie paragraaf 5.3.2.

#### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Laad-/losarmen op zichzelf worden meestal niet voorzien van vast opgestelde repressieve systemen. Veelal heeft een opstelplaats een stationair blus- of koelsysteem.

Deze systemen hebben tot doel de laad-/losinstallaties te beschermen tegen een omgevingsbrand (brand onder de tankauto) en escalatie te voorkomen.

Het ontwerp van deze stationaire systemen dient conform een geschikte norm - zoals NFPA 11, 15 en/of 16 - te zijn. Voor de mobiele bestrijding van scenario's op laad-/losplaatsen wordt verwezen naar de Algemene Module.

#### Doel van de bestrijding:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

## 6.2.2 Lekkage van de slang met als gevolg vrijkomende gas of vloeistof (toxisch brandbaar)

### Karakteristieken

Slangen kunnen een LOC veroorzaken door één van de volgende oorzaken:

- Falende overdrukbeveiliging;
- Manuele handelingen;
- Het gebruik van de verkeerde slang voor het soort product;
- Falende slang faalt door slechte kwaliteit van de slang.  
Er zijn geen periodieke inspecties of testen uitgevoerd;
- Er staat meer druk op de slang dan waar deze voor geschikt is (procedurefout);
- De slang is niet goed uitgelegd, met een knik of deuk erin;
- De slang schiet van het koppelstuk af;
- De slang is niet schoon, met vermenging en nevenreactie tot gevolg.

### Onderliggende oorzaken

De onderliggende oorzaken zijn veelal gelijk aan die genoemd in paragraaf 5.3.1.

Zie paragraaf 6.1.1 voor de lijst met LOD's.

### Veiligheden (correctieve LOD's)

Omgeving veiligstellen via noodstop.

### LOC-scenario's en bestrijding (mitigerende/repressieve LOD's)

Zie paragraaf 5.3.3 voor de mogelijke LOC-scenario's en paragraaf 6.2.1 voor de bestrijding van de LOC-scenario's.

## 6.3 LOC-scenario's bij tankautoverladingen door foutieve aansturingen

### 6.3.1 Overdruk

#### Karakteristieken

Foutieve aansturingen kunnen overdruk veroorzaken door:

- Het beladen van het verkeerde product;
- Het lossen met verkeerd product vanuit de tankwagen in de tank.  
Dat geeft reactie met drukopbouw richting het verladingstation.  
Zie verder hoofdstuk 2, 3 en 4;
- Te hoge beladingsnelheid;
- Te hoge druk bij beladen;
- Het overbruggen van beveiligingssystemen;
- Onvoldoende ontgassing voorafgaand aan belading;

#### Onderliggende oorzaken

Ook hier geldt weer dat het met name menselijk handelen is dat leidt tot een mogelijk scenario. Dat wordt procedureel afgedekt, maar is niet voldoende. Het is wenselijk dat het systeem zelf nog ingrijpt, bijvoorbeeld door een flowbeveiliging, drukbeveiliging, etc.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

Zie paragraaf 6.1.1 voor de lijst met LOD's.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

Omgeving veiligstellen middels noodstop.

### **LOC-scenario's**

Voor een klein scenario: zie 2.2.1. Voor grotere lekkages geldt bij brandbare stoffen: bij vloeistoffen bestaat de kans op een grote brand, bij gassen kan zich een grote gaswolk vormen met kans op ontbranding en een druk- en warmtebelasting voor de omgeving. De schade kan dan groot zijn.

Bij drukopbouw door te veel inertien bestaat de kans op een grote lekkage van de wagen. Bij stoffen als ethyleenoxide kan dit leiden tot de vorming van een grote gaswolk met brandbare en toxische eigenschappen. Dit is in potentie een incident met grote gevolgen.

Het zelfde geldt voor toxische vloeistoffen en gassen. De effectafstanden kunnen aanzienlijk zijn.

### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Zie paragraaf 6.2.1

## **6.3.2 Overvulling**

Een overvulling aan tankautozijde of opslagzijde kan plaatsvinden door:

- Het laden van meer volume dan in het insluitsysteem kan;
- Een te hoge vullingsgraad;
- Een vuldebiet dat niet is aangepast aan de vullingsgraad;
- Overbrugde beveiligingssystemen;
- Een te hoge beladingsnelheid.

### **Karakteristieken**

Voor overvulling aan opslagzijde zie hoofdstuk 2, 3 en 4.

### **Onderliggende oorzaken**

In algemene zin gaat het om het niet of niet juist toepassen van de procedure en onvoldoende toezicht tijdens de verlading.

### **Procesregeling en preventieve LOD's**

Zie het lijstje met LOD's aan het begin van dit hoofdstuk in par. 6.1.1.

### **Veiligheden (correctieve LOD's)**

Veiligstellen van omgeving.

### **LOC-scenario's**

Voor flenslekkages en lekkages aan koppelingen: zie paragraaf 2.2.1.

Bij uitstroming van gassen en tot vloeistof verdichte gassen via een veiligheidsklep-safety, kunnen grotere scenario's met potentieel grote effecten ontstaan.

Een emissie van tot vloeistof verdicht gas via een safety kan leiden tot de vorming van een grote, zware gaswolk op grondniveau met een aanzienlijke hoeveelheid product binnen de explosiegrenzen. De wolk zal zich dus kunnen uitbreiden over zodanige afstanden, dat ontsteking waarschijnlijk is. Bij uitstroming van K1-vloeistoffen (zoals benzine) is een soortgelijk scenario minder waarschijnlijk, maar niet onmogelijk.

Lekkage van toxische producten levert, zeker bij toxische gassen (bijvoorbeeld ammoniak), effectafstanden op die reiken tot ver buiten de inrichting.

### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Zie paragraaf 6.2.1.

## 6.4 LOC-scenario's specifiek behorend bij wijze van belading/lossing (boven/onder)

### 6.4.1 Onderlossing/vulling

#### Karakteristieken

Bij onderlossing/vulling zijn mogelijke oorzaken van een LOC:

- De slang is losgekoppeld terwijl de afsluiter niet dicht is;
- De afsluiter voor lossing is niet dicht bij het verwijderen van de blinddop;
- De ont-/beluchting is niet open bij het vullen --> druk- of onderdrukopbouw;
- De bouten van het mangat onder de vloeistoflijn zijn niet goed aangedraaid. Dit komt bijvoorbeeld voor na onderhoud van de ketel en is niet altijd procedureel afgedekt.



Onderlossing van een spoorketelwagon



Onderlossing tankcontainers op trailer

#### Onderliggende oorzaken

Het optreden van LOC bij het loskoppelen van de slang is mede afhankelijk van de aanwezigheid van een terugslagklep. Maar die zal meestal niet aanwezig zijn op de tankauto, omdat deze zowel beladen als gelost wordt.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

De preventieve LOD's bestaan vooral uit een goede procedure en belading door daartoe opgeleid personeel en productopvang.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

Omgeving veiligstellen.

#### LOC-scenario's

Een uitstroming via de laad-/losslang leidt tot een aanzienlijke lekkage en potentieel grote effecten.

Op goed ontworpen verlaadlocaties, is er bij het vrijkomen van vloeistoffen sprake van een containment in de vorm van een verzonken, op afschot liggend terrein. Dat beperkt de grootte van de plas en vergemakkelijkt de bestrijding. Voor tot vloeistof verdichte gassen (brandbaar of toxisch) is dat in veel mindere mate het geval.

Bij onderdruk kan de tank imploderen. Indien hierbij scheuren in de tank ontstaan, kan de vloeistof naar buiten stromen. Als de tank intact blijft (door tijdig stoppen van de lossing) zal er geen LOC ontstaan.

#### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Zie paragraaf 6.2.1.

## 6.4.2 Bij bovenlossing/vulling

### Karakteristieken

Bij bovenlossing/vulling moet met name rekening gehouden worden met de mogelijkheid van overvullen.



*Bovenvulling tankauto*

### Onderliggende oorzaken

Falen van de niveaubeveiliging door onvoldoende inspectie/onderhoud.

### Procesregeling en preventieve LOD's

Afslag in de losarm, die reageert op vloeistofniveau.

Mogelijk beladen op gewicht en automatische afslag bij te hoog gewichtsniveau.

Productopvang.

### Veiligheden (correctieve LOD's)

Veiligstellen van omgeving.

### LOC-scenario's

Er vindt uitstroming plaats met het overslagdebiet.

De vloeistof stroomt over de auto naar beneden. Zie verder paragraaf 6.4.1.

### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Zie paragraaf 6.2.1. Indien de hiervoor genoemde procesregeling en preventieve LOD's afdoende geborgd zijn, kunnen de repressieve LOD's zich beperken tot mobiele blusmiddelen.

## 6.5 LOC-scenario's bij tankautoverladingen binnen de dampverwerking

Bij tankautoverlading wordt door dampverwerkingsinstallaties voorkomen dat restdampen in de atmosfeer verdwijnen. Net als bij de overige verladingen gebeurt dit met name bij schadelijke of toxische stoffen.

In hoofdstuk 10 worden de verschillende manieren van dampverwerking besproken en de daarbij behorende gevaren.



### 6.5.1 Explosie

Een explosieve atmosfeer nabij of binnen de dampverwerking kan gedurende de verlading ontstaan door:

- Bij het verladen onder stikstof is er onvoldoende zuurstofreductie. De zuurstofreductie wordt niet gemeten, gekoppeld aan auto shut down bij te hoge zuurstofconcentratie;
- Bij het verladen onder stikstof zijn er vooraf onvoldoende purgen;
- De verladen stof is onverenigbaar met het dampverwerkingssysteem (drukopbouw);
- De verladingssnelheid is te hoog voor het dampverwerkingssysteem.

Zie verder paragraaf 5.5.1.

### 6.5.2 Implosie

Indien er tijdens een verlading geen of nauwelijks dampretour plaatsvindt door problemen met het dampretoursysteem, kan er onderdruk ontstaan in de tank. Bij voldoende onderdruk kan de tank imploderen (met name vloeistoftanks). Als er door de implosie scheuren ontstaan in de tankwand, kunnen zich plassen vormen op de verlaadplaats.

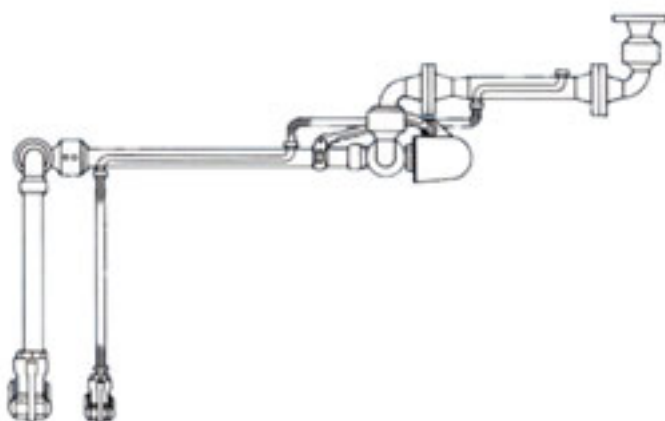
Voor de bestrijding van toxische plassen en plasbranden zie paragraaf 6.2.1 of de Algemene Module.

## 6.6 LOC-scenario's bij damp(retour)leidingen

### Karakteristieken

Damp(retour)leidingen kennen de volgende specifieke scenario's:

- Te hoge stikstofdruk waardoor de aansluiting faalt;
- Foutieve aansluiting van het retoursysteem;
- Falende bellow in het retoursysteem ten gevolge van trillingen;
- De tankauto is overvuld waardoor vloeistof in het dampverwerkingssysteem komt;
- Bij het verladen onder stikstof, is er onvoldoende zuurstofreductie. De zuurstofreductie wordt niet gemeten, gekoppeld aan auto shut down bij te hoge zuurstofconcentratie;
- Bij het verladen onder stikstof gaan er onvoldoende purgen vooraf aan het verladingssysteem.





#### **Onderliggende oorzaken**

- Operatorfouten;
- Verkeerd ontwerp;
- Overdruk;
- Verkeerd onderhoud/beheer.

#### **Procesregeling en preventieve LOD's**

- Preventief onderhoud;
- Kalibratie van de stikstofregelsystemen;
- Meetbrieven van overdrukbeveiligingen;
- Wijzigingsprocedure;
- Opleveringsprotocol;
- Overdrukveiligheid op de toevoer naar de tank.

#### **Veiligheden (correctieve LOD's)**

- Noodstop;
- Overdruk beveiliging op de tank en/of de tankwagen;
- Terugslagkleppen in de leiding;
- Vlamdovers.

#### **LOC-scenario's**

- Instantaan falen tank of tankwagen;
- Lekkages door overdruk;
- Explosie.

#### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Zie paragraaf 6.2.1 voor de bestrijding van lekkages en plassen. Voor explosies geldt dat deze zo veel mogelijk preventief dienen te worden afgedekt.

## 7 Installatie 6: Spoorverladingsinstallaties

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor tankautoverladingsinstallaties in algemene zin:

Directe oorzaken	type Loss of Containment	
	Catastrofaal	Lekkage
Corrosie	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Hoge temperaturen	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Trillingen	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Overdruk	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Externe belasting	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Impact	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zoals corrosie, hoge temperaturen en defecte/foute trillingen, overdruk en onderdelen zijn de belangrijkste, specifieke directe oorzaken voor het falen van verladingsinstallaties: breuk door externe belasting of impact.

De verlading bij spoorketelwagens levert dezelfde scenario's op als bij tankautoverlading.

Enkele algemene opmerkingen zijn hier nog op zijn plaats:

1. Een algemene opmerking is dat de meer gevaarlijke stoffen - zoals chloor, ammoniak, ethyleenoxide, acrylonitril, acroleïne en fluorwaterstof - in Nederland doorgaans worden vervoerd en dus verladen per spoor. Ook LPG wordt in grote hoeveelheden vervoerd per spoor, maar vanwege de automotive toepassing vindt ook veel vervoer plaats over de weg.  
De potentieel gevaarlijke stoffen met grote effectafstanden worden dus meer (soms uitsluitend) vervoerd per spoor.
2. Ten aanzien van de constructie en sterkte van spoorketelwagens ten opzichte van tankauto's het volgende: er bestaan internationale eisen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen, zowel over de weg als het water en spoor. Dat leidt in algemene zin niet tot significante verschillen qua sterkte. Wellicht is het vervoer van brandbare vloeistoffen daarop een uitzondering. Dat wordt over de weg vervoerd in wagens met een licht gewicht (aluminium) tankconstructie. Dat zou kunnen betekenen dat de kans op een incident wat groter is tijdens het vervoer. De vraag is of dat in dit verband relevant is, want we kijken alleen naar de stationaire situatie en niet naar de vervoerskant.
3. Verder zijn spoorketelwagens doorgaans niet uitgevoerd met veiligheidskleppen, terwijl dat wel het geval is met tankwagens. Je kunt een dergelijke voorziening als een LOD zien omdat die drukopbouw beperkt. Anderzijds kan een dergelijke voorziening ook gaan lekken en dat gebeurt met een spoorketelwagen (skw) niet. Internationaal is er in het verleden veel discussie geweest over een dergelijke voorziening met als resultaat dat er tot op heden geen veiligheidskleppen op skw's zitten.

## 8 Installatie 7: Pijpleidingen

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor leidingen in algemene zin:

Directe oorzaken	type Loss of Containment	
	Catastrofaal	Lekkage
Corrosie	-/-	G (T/E/B)
Hoge temperaturen	-/-	G (T/E/B)
Trillingen	-/-	G (T/E/B)
Overdruk	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Externe belasting	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Impact	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	-/-	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken - zoals corrosie, hoge temperaturen en defecte/foute trillingen, overdruk en onderdelen - zijn de belangrijkste, specifieke en directe oorzaken voor het falen van leidingen: breuk door externe belasting, impact of overdruk. Overdruk geldt met name voor de dampretourleidingen binnen dit hoofdstuk.

### 8.1 Typen leidingen

In hoofdstuk 6 van Module 4 zijn de meeste leidingscenario's behandeld. Situaties die hier niet behandeld zijn, zijn leidingen:

- Welke in leidingstraten/leidinggoten liggen;
- Dubbelwandige leidingen;
- Dampretourleidingen;
- Gasleidingen gevuld met cryogene of tot vloeistofverdichte gassen.

Bij grote bulkopslaginrichtingen lopen leidingen veelal door leidingstraten/-goten en rusten vaak op betonnen ondersteuning (sleepers). Door de veelal lange leidinglengtes kunnen de systeeminhouden behoorlijk oplopen bij de grotere leidingdiameters. Leidingstraten/-goten zijn veelal gecompartmenteerd om lekkages op te vangen. Compartmentering vindt vaak plaats doordat wegen de leidingstraat/-goot kruisen waar de leidingen onderdoor lopen. Aandachtspunten hierbij zijn:

- Leidingen dienen afdoende beschermd te zijn (middels mantelbuizen) tegen asbelastingen van zware voertuigen;
- Doorvoeringen zijn vaak niet afgesloten om corrosieproblemen te voorkomen en inspectie van de leidingen mogelijk te maken.

## 8.2 LOC-scenario's leidingen

### 8.2.1 Impact (algemeen)

#### Karakteristieken

De leidingen binnen leidingstraten/-goten liggen veelal parallel aan wegen. Indien barrières zoals hekwerk, vangrails en andersoortige obstructies ontbreken, bestaat de kans dat een voertuig in de leidingstraat geraakt. Het risico hiervan is het grootst nabij kruisingen en T-splitsingen.

#### Onderliggende oorzaken

- Hoge snelheid van het voertuig;
- Fout bestuurder;
- Slecht zicht;
- Ontbreken aanrijbeveiligingen.

#### Procesregeling en preventieve LOD's

- Barrières;
- Sectionaliseren van de leiding (blokafsluiters);
- Snelheidsbeperking;
- Werkvergunning;
- Instructies voor personen op het terrein;
- Compartimentering leidingstraten/-goten (PGS 29, maximale lengte 150 meter, maximale breedte is niet genoemd).

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

- Compartimenteren;
- Inbloksystemen leidingen.

#### LOC-scenario's

- Catastrofaal falen van de leidingen (breuk);
- Lekkende afdichtingen en/of verbindingen (ontzetting).

#### De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben:

- Plasmvorming onder het lekkagepunt;
- Plasbrand bij ontsteking;
- Sproeier bij het lekkagepunt (bij hoge drukken);
- Sproei-brand bij ontsteking van de sproeier;
- Gaslek bij het lekkagepunt;
- Fakkels bij ontsteking van het gaslek;
- Explosie bij het vertraagd ontsteken van de dampwolk of gaswolk.

#### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Leidingen op zichzelf worden meestal niet voorzien van vast opgestelde repressieve systemen. Voor de mobiele bestrijding wordt verwezen naar de Algemene Module. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de inzet zich met name dient te richten op het blussen van de brand. Onder het koelen van de omgeving wordt verstaan, de naast de leidingstraat/-goot gelegen installaties zoals tanks en pompkamers.

#### Doel van de bestrijding:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

## 8.2.2 Omgevingsbrand (algemeen)

### Karakteristieken

Leidingwerk in leidingstraten/-goten kan bij een lekkage in die straat of goot worden aangestraald of direct door vlammen worden omgeven. Indien bij ingesloten leidingdelen de ontwerpwaarden voor drukopbouw of temperatuur worden overschreden, kan het leidingwerk gaan lekken of zelfs falen (bijvoorbeeld BLEVE). Indien de leidingen groter in omvang zijn (DN 150 en groter), kunnen de systeeminhouden dusdanig zijn dat opwarming vrij lang duurt. De leidingen worden als het ware gekoeld door het medium voor een bepaalde tijd. Dit houdt in dat de leiding zelf enige standtijd krijgt alvorens deze gaat falen. Nadeel is weer dat grote leidingen grotere BLEVE-effecten veroorzaken. Ondersteunende elementen (sleepers) worden niet geacht te falen met escalatie tot gevolg.

### Onderliggende oorzaken

- Brand in de leidingstraat/-goot.

### Procesregeling (preventieve LOD's)

- Overdrukbeveiliging.

### Veiligheden (correctieve LOD's)

- Stoppen toevoer brandhaard.

### LOC-scenario's

- Catastrofaal falen van de leidingen (BLEVE).

### Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Leidingen op zichzelf worden meestal niet voorzien van vast opgestelde repressieve systemen. Voor de mobiele bestrijding wordt verwezen naar de Algemene Module. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de inzet zich met name dient te richten op het blussen van de brand en het koelen van de omgeving. Onder het koelen van de omgeving wordt verstaan, de naast de leidingstraat/-goot gelegen installaties zoals tanks en pompkamers.

## 8.2.3 Dubbelwandige leidingen

### Karakteristieken

Dubbelwandige leidingen worden toegepast in één van de volgende gevallen:

- Voor steamtracing of een andersoortig verwarmingsmedium. De mantel wordt middels stoom of medium verwarmd ten behoeve van het proces (productstroom dient verwarmd te worden);
- Voor koeling. De mantel wordt gekoeld;
- Second containment voor met name chloorleidingen.

Met name het laatste geval is voor LOC-scenario's van belang en zal hieronder verder worden behandeld.

Dubbelwandige leidingen kennen de volgende specifieke scenario's:

- Integriteit second containment faalt door oorzaken van buitenaf (bijvoorbeeld aanrijdingen);
- Aansluitingen van leidingen lekken;
- Falen van detectie aan de binnenkant, waardoor lekkage van de binnenbuis onopgemerkt blijft;
- Corrosie aan de tussenwand;
- Corrosie door onjuist medium in de tussenwand/mantel;
- Aanstraling door omgevingsbrand;
- Lekkage door constructiefouten (foute lasprocedure waardoor scheuren in de las ontstaan; of ontwerpfout);
- Onjuiste methode van flenzen dichtmaken waardoor lekkage kan ontstaan;
- Verkeerde keuze pakking waardoor lekkages ontstaan.

In veel gevallen kan voor de LOD's en de bestrijding worden verwezen naar Module 4 hoofdstuk 6. Specifieke punten worden hieronder behandeld.

#### **Onderliggende oorzaken**

- Slecht onderhoud/beheer;
- Operatorfouten (schadelijke stof binnen second containment of uitschakelen inertisering of vacuüm);
- Verkeerd ontwerp.

#### **Procesregeling en preventieve LOD's**

- Gasdetectie binnen second containment;
- Lek detectie.

#### **Veiligheden (correctieve LOD's)**

- Overdrukbeveiliging;
- Afvoer naar veilige locatie.

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten tot gevolg hebben:

#### **Brandbare stoffen:**

Lekkages binnen het second containment kunnen leiden tot het ontstaan van een explosieve atmosfeer. Ook kan een deel van de vloeistof zich als een koudgekookte plas verzamelen binnen het containment.

Een directe ontsteking is niet waarschijnlijk (hierbij wordt uitgegaan van een intacte buitenschil). Bij manipulaties aan de mantel (onderhoud) kan ontsteking plaatsvinden (juiste verhoudingen LEL, UEL) met een explosie tot gevolg. Indien in de eerste fase van het scenario (het vrijkomen bij onderhoud) geen ontsteking plaatsvindt, kan er een brandbare wolk vrijkomen waarbij de mogelijkheid bestaat dat deze op enige afstand ontstekingsbronnen treft (voertuig, fornuis, pomp, etc.), met kans op explosie.

#### **Toxische stoffen:**

Lekkages binnen het second containment kunnen leiden tot het ontstaan van een toxische atmosfeer. Ook kan een deel van de vloeistof zich als een koudgekookte plas verzamelen binnen het containment. De stof kan vrijkomen bij manipulaties aan de mantel.

#### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

Doelstellingen indien geen ontsteking plaatsvindt:

- Het afsluiten van de mantel;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

**Brandbare stoffen:**

LOC stoppen door het drukloos maken van de leiding en het afsluiten van de mantel.

**Toxisch:**

Mobiele of vast opgestelde waterschermen om zich verspreidende gaswolken te verdunnen en/of op te lossen.

### 8.3 Gasleidingen (cryogeen, tot vloeistof verdicht)

**Karakteristieken**

Gasleidingen met cryogene gassen of tot vloeistofverdichte gassen kennen de volgende specifieke scenario's:

- Falende leiding door corrosie (continu flash);
- Falende leiding door aanrijden (instantaan flash);
- Lekkage van flenzen;
- Lekkage ten gevolge van erosie;
- Scheuring van leiding door trillingen met uitstroom als gevolg;
- Drukfalen bij het manueel afsluiten van de leiding;
- Falen door warmtestraling van brand in de omgeving;
- Lage temperatuur leidt tot lekkages of falen van de leiding.

Deze scenario's zijn grotendeels uitgewerkt in Module 4 hoofdstuk 6. Voor cryogene gassen en tot vloeistof verdichte gassen gelden tevens de beschrijvingen omtrent koudgekookte plassen uit hoofdstuk 2.

### 8.4 Damp(retour)leidingen

Bij scheepsverladingen, tankautoverladingen en spoorverladingen vinden dampretourverplaatsingen plaats. Hierbij worden de dampen afgevangen of geretourneerd. Bij het afvangen van dampen worden deze naar een dampverwerkingsinstallatie geleid. Bij het retourneren worden de dampen uitgewisseld met het schip, tankauto of spoorketelwagon.

Scenario's met dampretourleidingen zijn uitgewerkt in de hoofdstukken 5, 6 en 7. Dampverwerkingsinstallaties zelf worden behandeld in hoofdstuk 10.

## 9 Installatie 8: Manifolds/pompkamers

Voor alle reële en typerende scenario's van pompen en leidingen binnen de pompkamers wordt verwezen naar hoofdstuk 8 van deze Module en naar , hoofdstuk 4 en 6 van Module 4. Voor manifolds zijn de volgende reële en typerende scenario's van toepassing:

Directe oorzaken	Type Loss of Containment	
	Catastrofaal	Lekkage
Corrosie	-/-	G (T/E/B)
Hoge temperaturen	-/-	G (T/E/B)
Trillingen	-/-	G (T/E/B)
Overdruk	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Externe belasting	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Impact	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Operatorfout	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zijn de belangrijkste, specifieke en directe oorzaken voor het falen van manifolds: breuk door externe belasting of impact en operatorfouten.

### 9.1 Manifolds

Om in productie of bij overslag afloop naar of van verschillende installaties mogelijk te maken, wordt gebruik gemaakt van een manifold. Zowel het samenvoegen van verschillende stromen tot één, als het splitsen van een stroom in verschillende stromen wordt toegepast. Deze manifolds kunnen geautomatiseerd of manueel bedienbaar zijn uitgevoerd. Ook komt het voor dat middels passtukken en slangen combinaties gemaakt kunnen worden.



Manifold met slangen



Manifold met vast leidingwerk



## 9.2 LOC-scenario's manifolds

Lekkage tijdens manipulaties aan het manifold

De volgende oorzaken kunnen leiden tot een LOC bij een manifold:

- Er is een verkeerde pakking gebruikt (niet geschikt voor productsoort);
- De pakking is niet gecontroleerd voordat de koppeling werd gemaakt;
- De pakking is niet op tijd vervangen;
- De koppeling is beschadigd;
- Bij verschillende soorten koppelingen is niet de juiste verloopkoppeling gebruikt;
- Er is een verkeerd medium gebruikt bij bijvoorbeeld het leegblazen van de leiding door het ontbreken van specifieke standaardkoppelingen voor bijvoorbeeld lucht en stikstof.

### Karakteristieken

De LOC-scenario's vinden vaak plaats na het starten van de processen binnen het manifold. Manifolds zijn doorgaans geplaatst in een vloeistofopvang. De gelekte stof komt hierin vrij. Indien een lekkage onopgemerkt blijft, kan de opvang overstromen. Bij meerdere lekkages moet worden nagegaan of er sprake kan zijn van onverenigbare producten, doordat ze met elkaar reageren, of omdat de bestrijding niet generiek van aard kan zijn.

### Onderliggende oorzaken

- Slecht onderhoud en beheer;
- Slechte procedures;
- Verkeerde of volledig ontbreken van werkinstructies.

### Procesregeling en preventieve LOD's

- Interlock systemen;
- Drukmeting;
- Debietmeting;
- Gasdetectie;
- Vloeistofdetectie;
- Compartimentering.

### Veiligheden (correctieve LOD's)

- Inblok systemen;
- Noodstop;
- Opvang met afvoer naar een veilige locatie.

### LOC-scenario's

- Lekkage in de opvang.

De LOC's kunnen vervolgens de volgende effecten hebben:

Bij brandbare vloeistoffen zal bij ontsteking een plasbrand ontstaan in de opvang. Door opwarming van het manifold en omliggende leidingen kunnen er BLEVE's ontstaan (behalve als de leidingen van een drukontlasting zijn voorzien). Bij hoge drukken kan er een sproei-brand ontstaan met opwarming van de omgeving tot gevolg.

### Brandbare gassen

Indien er sprake is van gassen, tot vloeistof verdichte gassen of cryogene gassen, kunnen er brandbare gaswolken, fakkels en koudgekookte plassen in de opvang ontstaan.

### **Toxische vloeistoffen en gassen**

Bij toxische vloeistoffen zal er een plas in de opvang ontstaan met een toxische wolk tot gevolg. Bij toxische gassen kunnen toxische gaswolken en koudgekookte plassen ontstaan.

### **Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

#### **Brand**

Voor de mobiele bestrijding wordt verwezen naar de Algemene Module. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de inzet zich bij brandbare vloeistoffen met name dient te richten op het blussen van de plas in de opvang.

Indien de opvang is voorzien van een stationair beschuimingsstelsel, dient deze conform een geschikte norm - zoals de NFPA 11 - te zijn uitgevoerd. Vast opgestelde schuimmonitoren dienen bedienbaar te zijn gepositioneerd conform de regels uit de Algemene Module.

#### **Toxische stoffen**

Zie Algemene Module voor mobiele bestrijding. Bij toxische vloeistoffen dient de plas te worden afgedekt met schuim. Bij gaswolken dienen deze te worden neergeslagen of gedispergeerd in combinatie met het inblokken van de lekkage.

Doel van de bestrijding:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het koelen van de omgeving bij sproei- en fakkelbranden;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

## 10 Installatie 9: PIG receivers/launchers

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's. Het betreft zowel de reële als de typerende, generieke en specifieke scenario's voor PIG receivers/launchers:

Directe oorzaken	Type Loss of Containment	
	Catastrofaal	Lekkage
Corrosie	-/-	G (T/E/B)
Hoge temperaturen	-/-	G (T/E/B)
Trillingen	-/-	G (T/E/B)
Overdruk	G (T/E/B)	G (T/E/B)
Externe belasting	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Impact	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Operatorfout	S (T/E/B)	S (T/E/B)
Wijziging/onderhoud	G (T/E/B)	G (T/E/B)

*T = toxische wolk / E = explosie / B = brand / G = generiek / S = specifiek*

Naast alle generieke faaloorzaken zijn de belangrijkste, specifieke en directe oorzaken voor het falen van PIG receivers/launchers: breuk door externe belasting of impact en operatorfout.

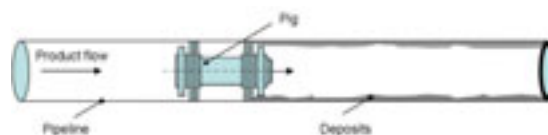
### 10.1 PIG receivers

Pigs zijn apparaten die over de gehele lengte van hoofdleidingen (grote diameter) worden gestuurd door gas of vloeistofproduct. Pigs worden voor een veelzijdig aantal taken ingezet binnen leidingen. Er zijn drie basisredenen om een pijpleiding te "piggen":

- Als scheiding tussen verschillende productstromen in de leiding;
- Voor het schoonmaken van een leiding;
- Voor interne inspectie.



PIG receivers



Werkingsprincipe van pigging

Om de PIG's uit (of in en uit) een hoofdleiding te krijgen, wordt gebruikgemaakt van PIG receivers/launchers. Het systeem wordt geladen met een PIG, waarna het systeem op druk wordt gebracht. Eenmaal op druk wordt de hoofdafsluiter van de installatie opengezet die de doorgang opent naar de hoofdleiding. Vervolgens wordt onder verhoogde druk de PIG de leiding in geduwd, waarna deze zijn weg vervolgt door de hoofdleiding. Aan de andere zijde van de hoofdleiding bevindt zich eveneens een PIG receiver/launcher die de PIG opvangt.

Het grootste risico ontstaat bij het verwijderen van een PIG uit de receiver/launcher. Als drukafbouw onvoldoende heeft plaatsgevonden en de receiver/launcher wordt geopend, kan de PIG gelanceerd worden en product vrijkomen.



Het plaatsen van een PIG



Een PIG voor gasleidingen

## 10.2 LOC-scenario's met PIG receivers

Impact of externe belasting op een PIG receiver/launcher kan bij een onder druk staande hoofdleiding leiden tot lekkages aan de PIG receiver. Ook overdruksituaties, die de ontwerpdruk van de PIG receiver/launcher overschrijden, kunnen leiden tot lekkages. Deze scenario's zijn vergelijkbaar met die van lekkage aan leidingen. Derhalve wordt er verwezen naar hoofdstuk 5 van Module 4.

### 10.2.1 Afvoerleiding product in de receiver staat dicht en de receiver wordt geopend, waardoor een plas of gaswolk ontstaat

#### Karakteristieken

PIG receivers zijn voorzien van aansluitingen om de receiver onder werkdruk te zetten en drukloos te maken. Veel receivers zijn uitgerust met manueel te bedienen afsluiters. Indien er door een operatorfout afsluiters vergeten worden, kan dit bij met vloeistof gevulde leidingen leiden tot een lekkage ter grote van de receiverinhoud.

#### Onderliggende oorzaken

- Operatorfout;
- Verkeerd gemonteerde afsluiters.

#### Veiligheden (correctieve LOD's)

- De aansluitingen kunnen worden voorzien van safety interlocks die de operator dwingen tot het volledig doorlopen van een procedure.

**LOC-scenario's**

- Lekkage van een brandbare stof;
- Lekkage van een brandbaar gas;
- Lekkage van een toxische stof.

**Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

PIG receivers/launchers zijn vrijwel nooit voorzien van stationaire blus- of koelsystemen. Mobiele bestrijding volgens de algemene module.

Bestrijdingsdoelstellingen:

- Het afdekken van plassen;
- Het blussen van plassen bij ontsteking en het koelen van de omgeving;
- Het neerslaan of dispergeren van de damp of gaswolk.

## 11 Installatie 11: Dampverwerkingsinstallatie (DVI)

---

Zoals al werd aangegeven in hoofdstuk 4, 5 en 6, vindt overslag van vloeibare stoffen veelal plaats met behulp van een dampverwerkingsinstallatie. Daarbij kan dus sprake zijn van 'echte' verwerking (verbranding, condensatie, omzetting), maar ook van een dampretoursysteem. Beide vormen van verwerking hebben als doel emissie naar de atmosfeer te voorkomen.

Dergelijke installaties herbergen de volgende risico's:

- Het optreden van over- of onderdruk;
- Condensatie van damp of kristallisatie met als gevolg dat het systeem niet meer functioneert;
- Ongewenste reacties van componenten, bijvoorbeeld bij condensatie;
- Ontsteking (door statische elektriciteit of vonkvorming in blowers).

Over- of onderdruk kan leiden tot LOC door het bezwijken van installatieonderdelen, zoals flenzen en aansluitingen aan tanks, maar het is ook mogelijk dat overdruk consequenties heeft in verderop gelegen equipment, dat is ontworpen voor lagere drukken. Onderdruk kan leiden tot het bezwijken van tanks. De resulterende effecten van dergelijk LOC hangen weer af van de fysische eigenschappen van de vrijkomende vloeistof (brandbaar, toxisch).

Het is ook mogelijk dat in het dampverwerkingsysteem zelf ontsteking plaatsvindt, gevolgd door het bezwijken van (delen van) het systeem. Bij ontsteking van brandbare stof kan deflagratie of detonatie optreden. De parameters die dat bepalen zijn de concentratie van de stof, de reactiviteit en de L/d-verhouding van het leidingsysteem. Omdat veel dampverwerkingsystemen onder atmosferische condities worden bedreven, moet bij een ontsteking al snel rekening worden gehouden met een zodanige drukbelasting dat LOC optreedt.

Om het risico van deflagratie/detonatie te verkleinen, kan de dampstroom worden 'geconditioneerd' of het systeem kan worden uitgerust met vlamdovers en/of explosieonderdrukking. Bij conditionering moet wel weer rekening worden gehouden met extra aandacht voor procesregeling en ontwerp. Mogelijkheden zijn:

- a. Inertisering met behulp van stikstof, inclusief flowregeling en zuurstofmonitoring;
- b. Het creëren van een zuurstofarm mengsel door het toepassen van bijvoorbeeld methaan. Deze optie is in potentie gevaarlijker door het gebruik van een brandbaar product;
- c. Het verdunnen van de damp met lucht tot onder de explosiegrenzen;
- d. Snelheid van de dampstroom.

### Vlamdovers (vlam arrestor)

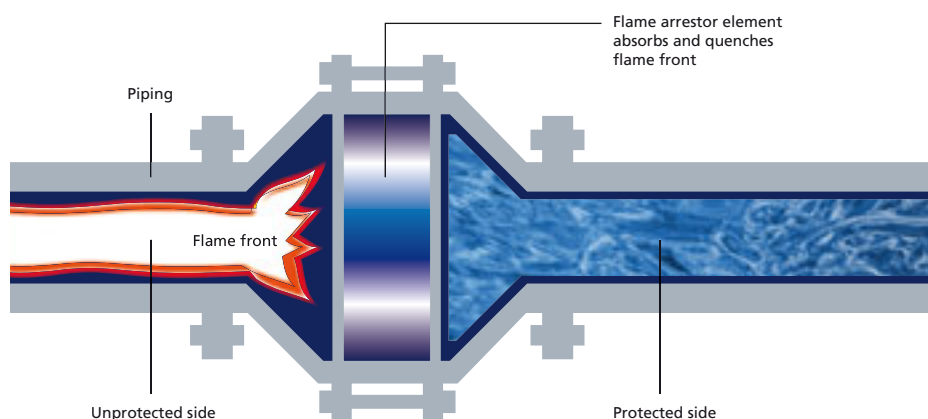
Er bestaan actieve en passieve vlamdovers. De 'actieve' vlamdovers vergen onderhoud en een juiste afstelling met betrekking tot vloeistofniveau en dampstroomsnelheid. 'Passieve' vlamdovers vergen alleen routine-inspecties en ontberen bewegende delen en instrumentatie. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de passieve vlamdover het meest gebruikt wordt.

### Venturi type vlamdovers (actief)

Venturi flame vlamdovers creëren een restrictie in de dampstroom zodat de damp snelheid hoger ligt dan de potentiële vlam snelheid van de damp, waardoor vlamdoorslag tegen de stroomrichting in wordt voorkomen. Vlamdoorslag tegen de stroomrichting in kan echter nog steeds plaatsvinden. Zelfs een gedeeltelijk gesloten afsluiter kan voldoende snelheid in de dampstroom opwekken zodat vlamdoorslag wordt voorkomen, maar een venturi geeft een veel lagere drukval. Als de dampstroom stopt, is een venturi oplossing niet meer werkzaam waardoor de actieve vlamdover vaak in combinatie met inertisering wordt gebruikt. Een venturi vlamdover moet zo dicht mogelijk bij de mogelijke ontstekingsbron worden geplaatst wil die effectief zijn. Lange leidinglengtes, vernauwingen, appendages en andersoortige obstructies binnen de leiding, kunnen de vlamdoorslag dusdanig groot maken dat er al snel sprake is van een detonatie (vlamfront bereikt snelheid van het geluid) met bijbehorende schadegevolgen.

### Inline vlamdovers (passief)

Inline vlamdovers zijn gevuld met metalen of ceramische elementen die de hitte van de vlamdoorslag snel absorberen waardoor de temperatuur onder het vlampunt van de damp terechtkomt. Dit stopt uiteindelijk de vlamdoorslag. De mogelijkheid bestaat dat de elementen binnen de vlamdovers te veel opwarmen, waardoor de vlamdoorslag achter de vlamdovers kan doorgaan. Daarom worden de vlamdovers vaak voorzien van een temperatuursensor om een alarmsignaal te creëren. Hierop kan de dampstroom onmiddellijk worden stopgezet. Ook passieve vlamdovers dienen dicht in de buurt van de mogelijke ontstekingsbron geplaatst te worden om dezelfde redenen als genoemd bij de actieve vlamdovers.



Vlamdover

### Explosieonderdrukking (detonatie arrester)

Explosieonderdrukkers zijn sterkere en meer effectieve uitvoeringen van de inline vlamdover die detonatie-effecten van vlamdoorslag kunnen stoppen.



*Explosieonderdrukker*

Explosieonderdrukkers zijn niet gebonden aan de eis om deze zo dicht mogelijk te plaatsen bij een mogelijke ontstekingsbron.

## 11.1 Soorten DVI-installaties

De volgende DVI-uitvoeringen zijn de meest gebruikte:

- Condensatie;
- Adsorptie, vaak met behulp van een koolfilter;
- Incineratie (het verbranden van de dampen in een stookinstallatie);
- Flare (het verbranden van de dampen middels een fakkel);
- Scrubbing, het 'wassen' van een dampstroom;
- Membraan separatie technology;
- Combinaties van bovenstaande technieken.

### 11.1.1 Condensatie

Hierbij zorgt een condensor voor de verwijdering van dampen met een hoge concentratie uit een gasstroom. Dit systeem is geschikt voor oplosmiddelen met een dauwpunt tussen 0 en -50 °C.

Bij koeling tot een zeer lage temperatuur (-120 °C), verlaagt de concentratie tot ca. 10 mg/l in de reststroom.



*Dampverwerkingsysteem middels diepkoelen*



### 11.1.2 Adsorptie

Adsorptie vindt doorgaans plaats met behulp van actieve kool. Deze stof kan gebruikt worden voor organische stoffen met een molecuulgewicht van 45 tot 130 (??).

Adsorptie leidt derhalve tot verzadiging van het product. Dit betekent:

- a. Een regeneratieproces om het bed weer te activeren;
- b. Veelal gebruik van een tweede bed om het proces door te laten lopen.

Enkele nadelen zijn:

- Exotherm proces;
- De adsorptie wordt bemoeilijkt door vocht in de gas/dampstroom;
- Afnemende efficiency bij hogere temperatuur;
- Adsorptie aan kool is niet van toepassing bij gehalogeneerde koolwaterstoffen;
- De actieve kool moet bij vervanging worden beschouwd als gevaarlijk afval.

Alle adsorptieprocessen zijn exotherm zodat bij adsorptie warmte wordt vrijgegeven aan het bed. Daarnaast kunnen de actieve kool of de metalen op of in de actieve kool zorgen voor een katalytische oxidatie in het bed. Dit kan sterke plaatselijke verhitting en zelfs zelfontbranding van het bed veroorzaken die het gehele bed of een gedeelte ervan vernietigt. Indien niet het gehele bed wordt vernietigd, zal de actieve kool in de rest van het bed van eigenschappen veranderen vanwege de hoge temperaturen (verandering van poriegrootte). Bij hogere concentraties van koolwaterstoffen kan actieve kool zelfs bij dampen op kamertemperatuur voor hete plekken (verminderd adsorptierendement) of voor bedbranden zorgen.



*Actieve koolbedden*

### 11.1.3 Verbranding (incineratie)

Deze techniek wordt alleen toegepast wanneer andere terugwinningstechnieken niet mogelijk zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor polymerisatiegevoelige monomeren, evenals voor stoffen met een lage geurdrempel.

Op tankterminals waar meerdere gevaarlijke stoffen worden op- en overgeslagen, vindt ook vaak verbranding plaats waarbij warmteterugwinning plaatsvindt.

Tenslotte: zeegaande schepen moeten op grond van internationale regelgeving beschikken over inerte 'cargotanks'. Terugwinning van de damp uit het grote volume in de 'cargotank' wordt vaak als niet haalbaar beschouwd. Derhalve vindt vaak verbranding plaats. Bij een verbrandingsproces moet in principe rekening worden gehouden met emissie van verbrandingsproducten als SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>.

#### 11.1.4 Flare

Dit systeem verbrandt de vrijgekomen dampen in de open lucht. Vaak worden de flares gevoed door aardgas of propaan ten behoeve van de pilotvlam en voor het bevorderen van een volledige verbranding van de dampen.

#### 11.1.5 Scrubben (absorptie)

Terugwinning op basis van absorptie is gebaseerd op het principe van intensief contact tussen de terug te winnen damp en een vloeistof in een gepakte of van schotels voorziene toren. De terugwinning vindt plaats via het tegenstroomprincipe. De vloeistof stroomt aan de bovenkant naar beneden, de damp komt aan de onderkant de toren binnen. De absorptievloeistof moet zijn afgestemd op het dampvormige product. Terugwinning van die vloeistof vindt plaats door middel van destillatie. De damp wordt na condensatie meestal afgevoerd naar opslag. Een dergelijk systeem kan zowel continu als intermitterend worden bedreven.

Voordelen van het systeem zijn:

- Een geringe drukval over het systeem waardoor er minder kans is op lekkage/gasdoorbraak;
- Ongevoeligheid voor verontreinigde dampstromen;
- Relatief eenvoudige bedrijfsvoering.

Als nadeel geldt dat een dergelijk systeem ongeschikt is voor terugwinning van lage dampconcentraties (<300 ppm) en dat er sprake is van een relatief lage efficiency (<70%).

#### 11.1.6 Membraantechnologie

Dit betreft een betrekkelijk nieuwe gasbehandelingsmethode. De technologie is gebaseerd op de grotere permeabiliteit van organische stoffen door (polymeer) membranen dan zuurstof/stikstof. Gas dat het membraan passeert, wordt verrijkt met oplosmiddel en wordt op een andere manier teruggewonnen. Composietmembranen kennen een ruwe structuur, die bedekt is met een zeer dunne laag van een materiaal met selectieve eigenschappen. De membraanmodule bestaat doorgaans uit een drukvat met daarin het membraanpakket.

Na scheiding van de gasstroom is nog vaak een vlamdover aanwezig aan de gaskant. De constructie van de module moet worden afgestemd op de flow, die moet worden behandeld. Wanneer een goed ontwerp is gekozen, zorgt deze techniek voor een hoge terugwinningsefficiency.

### 11.2 Gevaren binnen een DVI-systeem

DVI-systemen kennen een aantal generieke gevaren die ook zijn genoemd in de voorgaande hoofdstukken omtrent verlading. Hierbij wordt tevens verwezen naar Module 4. DVI-installaties kunnen beschouwd worden als kleine procesinstallaties met pompen, leidingwerk, etc., waarbij de in Module 4 genoemde scenario's van toepassing kunnen zijn.

De meest voorkomende gevaren binnen DVI's zijn:

- Verkeerde aansluiting van productlijnen en dampretourlijnen;
- Condensatie in de dampretourlijn. Bij lange dampretourleidingen waarin lage delen aanwezig zijn, kan condensaat zich accumuleren en de dampretourleiding blokkeren;
- Dampafzuiging creëert onderdruk waar de scheepstanken niet op zijn ontworpen.

Specifiek zijn nog de volgende gevaren te noemen:

- Bij adsorptie in een koolfilter bestaat de kans op een brand (zie 11.1.2). Dat kan leiden tot een moeilijk bestrijdbare situatie omdat dergelijke voorzieningen vaak slecht bereikbaar zijn voor de brandweer (grote hoogte);
- Bij verbrandingsinstallaties is aandacht vereist voor de mogelijkheid van ophoping van brandbaar product/gas in de installatie, gevolgd door een vertraagde ontsteking. Dat kan ernstige schade veroorzaken en mogelijk leiden tot letsel;
- Bij een fakkel moet zeker gesteld zijn dat er geen onverbrand gas wordt geëmitteerd. Verder speelt bij een fakkel altijd het probleem van vloeistofdoorslag (brandende druppels). Er dienen derhalve goede veiligheidsafstanden te worden gehanteerd;
- Scrubbers kunnen falen door het wegvallen van de vloeistofstroom, waardoor geen absorptie plaatsvindt en de dampen ongewassen de installatie (stack) verlaten met een explosief gebied tot gevolg.

#### **Procesregeling en preventieve LOD's**

De hierboven genoemde gevaren kunnen worden afgedekt door de volgende LOD's:

- Verkeerde aansluitingen kunnen worden voorkomen door de inzet van goed opgeleid personeel, goede training/instructie en juiste procedures. Soms wordt bij aansluitingen gewerkt met nieuwe koppelingen, die - wanneer ze niet juist zijn aangesloten - niet leiden tot LOC omdat het systeem in dat geval niet wordt gestart;
- Condensatie kan worden voorkomen door een juiste ligging van de leidingen (geen verlaagde punten), automatische drains en eventueel tracing;
- Het blokkeren van leidingen door polymerisatie kan worden voorkomen door drukverschilmetingen, maar ook door een goede procedure die voorkomt dat reacties en kristallisatie optreden;
- Zelfontbranding van actieve koolbedden kan worden tegengegaan door de lucht te bevochtigen. Hierbij moet worden opgelet dat de efficiëntie van de actieve kool niet te sterk vermindert;
- Onderdruk in scheepstanks wordt voorkomen door een goede procedure en mogelijk voorzieningen op het schip, maar die vallen buiten de scope van het scenarioboek;
- Ophoping van gas in een verbrandingsinstallatie kan worden bewaakt met een goede procesregeling en bewaking van het verbrandingsproces, dat bijvoorbeeld alarmeert wanneer de verbranding/vlam stopt. Eventueel kan gasdetectie worden toegepast;
- Fakkels zijn altijd voorzien van vlambewaking en knock-out drums (tegen vloeistofdoorslag) met niveaubewaking of bewaking;
- Bij scrubbers is het handhaven van de vloeistofstroom van groot belang. Dat kan worden gecontroleerd door flowmeting/alarmering.

#### **Veiligheden (correctieve LOD's)**

Bij brandbare dampen en vloeistoffen bestaat het gevaar van een ontsteking in het systeem. Wanneer dat optreedt, bestaat het gevaar van ernstige schade en het falen van de DVI-installatie, maar ook van de aangesloten tanks. Mocht er ondanks de genoemde preventieve LOD's toch een ontsteking optreden, dan is het van belang dat ernstige schade wordt voorkomen. Daarom worden vaak de reeds eerder genoemde vlamdovers en explosieonderdrukkers aangebracht.

Andere correctieve mogelijkheden na een ontsteking in het systeem bestaan niet. Wel kan bij het ontwerp van een DVI nog aandacht besteed worden aan de lay-out van een installatie, zodat het gevolg van een dergelijk incident beperkt kan worden.

Bij dampen en vloeistoffen met giftige eigenschappen gaat het qua gevaarstelling alleen om de mogelijkheid van een LOC. In dat geval gelden als LOD's die maatregelen die niet specifiek zijn voor een DVI, zoals opvangvoorzieningen en een veilige afvoer van het product, mocht het toch vrijkomen.

**Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)**

DVI-systemen en installaties zijn vaak niet voorzien van stationaire repressieve voorzieningen. De meeste nadruk ligt op preventieve maatregelen (o.a. ATEX). Mocht één van de hiervoor genoemde scenario's plaatsvinden, dient te worden uitgegaan van mobiele bestrijding.

Voor de bestrijding van toxische dampen en plassen, wordt verwezen naar de Algemene Module.

Explosies zijn niet bestrijdbaar. Eventuele vervolgeffekten, zoals branden in de omgeving of in de opslagtanks zelf, zijn dat wel. Voor de bestrijding van brand in een DVI-installatie en/of omgeving wordt verwezen naar de Algemene Module of de Modules waar de betreffende omliggende installaties zijn beschreven.



## 12 Installatie 12: Inertisering

---

Vaak passen bedrijven inertisering toe om de kwaliteit en houdbaarheid van een product op peil te houden.

In processen waar explosieve atmosferen aanwezig zijn en waar grote risico's bestaan op ontsteking, wordt ook gebruikgemaakt van inerte gassen met als doel de zuurstofcomponent binnen deze atmosferen te verlagen of zelfs tot bijna nihil te reduceren.

Dit hoofdstuk gaat niet zozeer om LOC's maar geeft inzicht in de aandachtspunten bij inertisering/zuurstofreductiesystemen.

Een andere methode voor het voorkomen van brand is zuurstofreductie. Dit wordt soms toegepast in opslaghallen. Zuurstofreductiesystemen voor opslaghallen komen in Module 3 kort aan de orde.

### 12.1 Ontwerp

Binnen de PGS 29 wordt de aanwezigheid van inertisering op opslagtanks als gelijkwaardige oplossing beschouwd, zodat schuimblussystemen op de tanks achterwege kunnen worden gelaten. Hiervoor gelden twee voorwaarden:

- Detectie op de werking van het inertiseringssysteem;
- Een inwendig drijvend dak is verplicht.

Als ontwerpnorm kan de NFPA 69 'Standard on Explosion Prevention Systems 2008 Edition' en de API STD 2000 'Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks: Nonrefrigerated and Refrigerated' worden gehanteerd.

Binnen het ontwerp kunnen de volgende fouten gemaakt zijn:

- De ontwerpcapaciteit is niet in overeenstemming met de praktijksituatie, waardoor onvoldoende inertisering wordt gerealiseerd;
- Het ontwerp houdt onvoldoende rekening met externe factoren zoals de temperatuur.

### 12.2 Bewaking

De bewaking kan als niet-sluitend worden beschouwd als één of meerdere van de volgende punten van toepassing zijn:

- Er is geen meting van actueel zuurstofgehalte, maar de meting is gebaseerd op berekende debieten;
- Er is geen rekening gehouden met beperkingen van het systeem zoals bij stoffen met intermoleculaire zuurstof.

