**Inspectie-instrument  
Waterstof**

Versie 1

December 2019

**WERKVERSIE**

De volledige versie van dit inspectie-instrument geeft toelichting bij de vragen en kan eveneens gedownload worden van de volgende website: [www.werk.belgie.be/acr](http://www.werk.belgie.be/acr)

|  |
| --- |
| **Belgische Seveso-inspectiediensten** |

# Vaste opslag

*Vaste opslag bij een waterstofgebruiker onder de vorm van een vaste drukhouder, zoals een buffervat, een tube-trailer waarbij de wielen onder de oplegger verwijderd zijn of een vaste flessenbatterij die bij de waterstofgebruiker zelf gevuld wordt en daar permanent blijft.*

## Constructie van de vaste drukhouders

|  |  |
| --- | --- |
| Constructie van vaste drukhouders uitgevoerd volgens een constructienorm |  |
| *Voor vaste houders, leidingen en toebehoren in gebruik genomen na 29 mei 2002 is een CE-certificaat overeenkomstig de richtlijn drukapparatuur nodig.* |  |
| *Voor vaste houders, leidingen en toebehoren in gebruik genomen voor 29 mei 2002, is geen CE-certificaat vereist. Deze vaste houders, leidingen en toebehoren dienen wel conform een constructienorm ontworpen te zijn.* |  |
| Constructiedossier van vaste drukhouders |  |
| *Het constructiedossier wordt opgesteld bij het ontwerp en de bouw van de vaste drukhouder. Ook na eventuele wijzigingen wordt het constructiedossier bijgewerkt, aangepast of vernieuwd. Het dossier vermeldt en/of bevat ten minste:* |  |
| * + *een lijst van de onderdelen (bijvoorbeeld gevormde staalplaten, armaturen voor kleppen en instrumentatie, …) waarmee de houder geconstrueerd werd* |  |
| * + *een materiaalcertificaat van de leverancier voor elk onderdeel. Dit certificaat vermeldt de overeenstemming met respectievelijke normen voor constructiematerialen en de mechanische eigenschappen van het onderdeel.* |  |
| * + *de lasverbindingen en de controles die werden uitgevoerd op deze lasverbindingen na uitvoering* |  |
| * + *de EU-conformiteitsverklaring voor vaste drukhouders die vallen onder de Europese richtlijnen inzake het op de markt brengen van drukapparatuur* |  |
| * + *de ontwerpgegevens qua druk, temperatuur, e.d. alsook de berekeningen van de vereiste minimale diktes van de omhulling en de gehanteerde corrosietoeslag* |  |
| * + *de resultaten van de uitvoering van de drukweerstandsproef (meestal een waterdruktest)* |  |
| * + *een conformiteitsattest van de houder en toebehoren* |  |
| * + *de gegevens omtrent de ontwerpdrukken van de verschillende onderdelen zoals omhullingen, afsluiters, dichtingen, e.d.* |  |
| Flensverbindingen en pakkingen |  |
| *Bij voorkeur dient er gekozen te worden voor gelaste verbindingen. Indien de vaste opslag een flessenbatterij betreft, komen conische schroefdraadverbindingen ook voor (bijvoorbeeld volgens NPT (National Pipe Tapered Thread) of volgens BSPT (British Standard Pipe Thread)).* |  |
| *Indien in de praktijk enkel gebruik gemaakt kan worden van flensverbindingen is het belangrijk dat de lekdichtheid zoveel mogelijk gegarandeerd is. Daarom wordt het gebruik van flenzen met een verhoogde prent (“raised face flange”), tong-en-groef flenzen of flenzen waarbij ringvormige pakkingen gebruikt worden (“ring joint flange”) aanbevolen.* |  |
| *De gebruikte pakkingen dienen geschikt te zijn voor de aanwezige temperaturen en drukken, geschikt voor contact met waterstof, over de nodige lekweerstand te beschikken en brandbestendig te zijn. Daarom wordt het gebruik van de volgende pakkingen aanbevolen:* |  |
| * + *composiet pakkingen met grafiet als basismateriaal kunnen gebruikt worden bij lage drukken* |  |
| * + *zachte metalen ringen zijn aangewezen bij “ring-joint”-flenzen* |  |
| * + *spiraal gewonden pakkingen gevuld met teflon of grafiet bij flenzen met een verhoogde prent* |  |
| * + *koperen ring bij “ring-joint”-flenzen.* |  |
| *Bij de keuze van de flensverbindingen en pakkingen dient men ermee rekening te houden dat de meeste kunststoffen en bepaalde metalen diffuus zijn voor waterstof, waardoor waterstof erin kan migreren of er zelfs kan uit ontsnappen.* |  |
| *Om waterstoflekken te vermijden wordt soms het gebruik van flensbeschermers aanbevolen. Flensbeschermers hebben echter ook het nadeel dat, indien er een klein waterstoflek is, de waterstof zich onder de flensbeschermer kan ophopen. Ter hoogte van flensbeschermers is er ook een verhoogde kans op corrosie (omwille van mogelijke vochtintrede). Omdat waterstoflekken ter hoogte van flenzen meestal kleine lekken zijn, zijn voor toepassingen in open lucht flensbeschermers niet te verkiezen. Indien er zich ter hoogte van een flensverbinding een groot lek zou voordoen, dan zal men het uitstromen van de waterstof ook auditief waarnemen.* |  |
| Manometers met veiligheidsglas of “blow-out back” |  |
| *In manometers met een blow-out back wordt bij overdruk de achterkant weggeblazen, weg van eventuele personen die zich voor de manometer bevinden* |  |

*.*

## Signalisatie

|  |  |
| --- | --- |
| Signalisatie van vaste drukhouders |  |
| *Aanduiding op iedere houder van:* |  |
| * + *het nummer van de houder* |  |
| * + *de naam van het opgeslagen gas: waterstof* |  |
| * + *de gevarensymbolen* |  |
| * + *het inhoudsvermogen (in liter).* |  |
| Signalisatie van kleppen ter hoogte van de vaste drukhouder |  |
| *Aanduiding van:* |  |
| * + *de stand van de klep (open of dicht)* |  |
| * + *eventueel de functie van de klep.* |  |

## Beheersen van processtoringen

|  |  |
| --- | --- |
| Overdruk in de vaste drukhouder |  |
| Als de vaste drukhouder een lage ontwerpdruk heeft, wordt er tussen de tube-trailer en de vaste drukhouder een drukreduceerstation voorzien. |  |
| Het is de bedoeling dat de vaste drukhouder (met lage ontwerpdruk) en de ontspanner voor de vaste drukhouder beveiligd zijn tegen de druk afkomstig van bijvoorbeeld de tube-trailer. |  |
| Drukmeting met alarm |  |
| *Specificaties:* |  |
| * + *Het alarmsignaal wordt gegeven ter hoogte van de verlaadpost en op een plaats waar permanent personeel aanwezig is (vb. in de controlekamer).* |  |
| * + *De gepaste respons op het alarm is opgenomen in een instructie.* |  |
| * + *De alarmwaarde is zo ingesteld dat er nog genoeg tijd is om in te grijpen.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De drukmeting en het alarm worden periodiek gecontroleerd op hun goede werking*. |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Interlock bij hoge druk (met drukmeting die onafhankelijk is van de gewone drukmeting) |  |
| *Deze maatregel is van toepassing als uit de risicoanalyse blijkt dat naast de aanwezigheid van een drukmeting met alarm en een veiligheidsklep, er nog een bijkomende maatregel noodzakelijk is om het risico voldoende te reduceren.* |  |
| *Deze instrumentele beveiligingskring stopt de lossing van waterstof uit de tube-trailer* |  |
| *Actie:* |  |
| * + *sluit de afsluitkleppen.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De instrumentele beveiligingskring wordt periodiek gecontroleerd op zijn goede werking.* |  |
| Veiligheidsklep |  |
| *Dimensionering:* |  |
| * + *De veiligheidsklep (of een geheel van meerdere veiligheidskleppen) is gedimensioneerd voor een ongecontroleerde invoer van waterstof bij vulling vanuit een tube-trailer.* |  |
| * + *De berekeningen geven:* |  |
| * + - *de vereiste capaciteit* |  |
| * + - *de effectieve capaciteit van het geïnstalleerde veiligheidsventiel.* |  |
| *Constructiemateriaal:* |  |
| * + *Koperlegeringen en roestvaststaal zijn geschikte constructiematerialen voor veiligheidskleppen omdat bij deze materialen de kans op ontsteking door deeltjes afkomstig van atmosferische corrosie geminimaliseerd wordt.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De periodieke inspectie van de veiligheidsklep(pen) is opgenomen in een inspectieprogramma. De periodieke inspectie is minstens in overeenstemming met de wettelijke bepalingen.* |  |
| *Waterophoping in de afblaaslijn:* |  |
| * + *Waterophoping kan de klep corroderen. Ijsvorming kan de goede werking van de veiligheidsklep verhinderen. Mogelijke maatregelen hiertegen zijn: regenafscherming, een drainhole (niet gericht naar de houder). Om dit te vermijden is een jaarlijkse visuele controle aangewezen.* |  |
| * + *Om waterinsijpeling te vermijden kan gewerkt worden met een verticale afblaasleiding bestaande uit twee concentrische buizen. De waterstof wordt afgeblazen door de kleinste leiding en hier rond bevindt zich een concentrische buis die iets hoger reikt. Regen valt nooit volledig verticaal uit de lucht, maar altijd onder een bepaalde hoek. Hierdoor komt de regen eerst tegen de buitenste buis terecht en valt langs de binnenkant van deze buis naar beneden. Hierdoor wordt vermeden dat regen in de effectieve binnenste afblaasleiding ophoopt. Dit systeem van “buis in buis” werkt goed voor afblaasleidingen met relatief grote diameters. Voor kleine diameters is het noodzakelijk om het laatste stukje afblaasleiding toch iets te kantelen om regeninsijpeling te vermijden.* |  |
| *Afblaasleidingen:* |  |
| * + *Per veiligheidsklep wordt voorzien in een individuele afblaasleiding. Gemeenschappelijke afblaasleidingen zijn eventueel ook mogelijk (aan te tonen aan de hand van berekeningen).* |  |
| *Afblaaslocatie:* |  |
| * + *De drukontlasting blaast af:* |  |
| * + - *in de open lucht (vooral belangrijk indien een opslaghouder zich in een gebouw bevindt)* |  |
| * + - *in een veilige richting* |  |
| * + - *voldoende hoog; Bij het afblazen van waterstof bestaat er een grote kans (deze kans zou zelfs oplopen tot 99%) dat door wrijving de waterstof ontbrandt. Omwille van de warmte die hierbij vrij komt is een grote afblaashoogte vereist. De minimale afblaashoogte wordt aangetoond aan de hand van berekeningen (in functie van de druk en de diameters van de leidingen).* |  |
| *Reactiekrachten afblaasstroom:* |  |
| * + *Ventlijnen zijn zo ontworpen dat ze niet bezwijken bij het afblazen.* |  |
| *Ontstekingsbron in de afblaasleiding:* |  |
| * + *Om specifieke ontstekingsrisico’s wegens roest te vermijden, zijn koperlegeringen of roestvaststalen leidingen het best geschikt als afblaasleiding.* |  |
| *Beschikbaarheid:* |  |
| * + *Het leidingstuk dat de veiligheidsklep verbindt met de tank kan niet worden afgesloten (geen klep aanwezig of gebruik maken van een sleutelsysteem).* |  |
| Doorslag van druk van opslag naar verbruikersnet |  |
| Indien de opslag van waterstof bij de gebruiker gebeurt aan de hand van een vaste opslaghouder ontworpen voor hoge druk, is er een gasontspansysteem voorzien tussen de opslaghouder en de gebruiker en dient de gebruiker beveiligd te worden tegen hoge druk afkomstig vanuit de vaste opslaghouder. |  |
| Hiervoor zijn dezelfde maatregelen noodzakelijk als voor het vermijden van hoge druk vanuit een tube-trailer naar een vaste drukhouder met lage ontwerpdruk. |  |
| Drukmeting met alarm |  |
| *Specificatie:* |  |
| * + *Het alarmsignaal wordt gegeven ter hoogte van de verlaadpost en op een plaats waar permanent personeel aanwezig is (vb. in de controlekamer).* |  |
| * + *De gepaste respons op het alarm is opgenomen in een instructie.* |  |
| * + *De alarmwaarde is zo ingesteld dat er nog genoeg tijd is om in te grijpen.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De drukmeting en het alarm worden periodiek gecontroleerd op hun goede werking.* |  |
| Interlock bij hoge druk (met drukmeting die onafhankelijk is van de gewone drukmeting) |  |
| *Deze maatregel is van toepassing als uit de risicoanalyse blijkt dat naast de aanwezigheid van een drukmeting met alarm en een veiligheidsklep, er nog een bijkomende maatregel noodzakelijk is om het risico voldoende te reduceren.* |  |
| *Deze instrumentele beveiligingskring stopt de toevoer van waterstof uit de vaste drukhouder naar de gebruiker.* |  |
| *Actie:* |  |
| * + *Sluit de afsluitkleppen.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De instrumentele beveiligingskring wordt periodiek gecontroleerd op zijn goede werking.* |  |
| Veiligheidsklep |  |
| *Deze veiligheidsklep is zo gedimensioneerd dat deze in staat is om de leiding die naar de gebruikersinstallatie loopt en de apparatuur bij de gebruiker tegen overdrukken te beschermen in geval de drukregelaar zou falen.* |  |
| *Andere voorwaarden (constructiemateriaal, inspectie, waterophoping in de afblaaslijn, afblaasleidingen, afblaaslocatie, reactiekrachten afblaasstroom, beschikbaarheid) waaraan de veiligheidsklep dient te beantwoorden, zijn in detail weergegeven bij het scenario “overdruk in de vaste drukhouder”. Deze voorwaarden zijn algemeen geldig op alle plaatsen waar een veiligheidsklep als maatregel gedefinieerd wordt.* |  |
| Aanwezigheid van lucht bij indienstname |
| Spoelprocedure om de aanwezigheid van zuurstof te vermijden |  |
| *Voordat een systeem dat waterstof gaat bevatten in dienst genomen wordt of na onderhoud opnieuw in dienst genomen wordt, dient het systeem gespoeld te worden met een inert gas om zuurstof uit het systeem te elimineren.* |  |
| *De spoelprocedure wordt toegepast voor elke indienstname en is opgenomen in een instructie.*  *Na het spoelen wordt gecontroleerd dat de residuele zuurstofconcentratie lager is dan 1%. Het meten van de zuurstofconcentratie ter hoogte van de uitlaat van de afblaasleiding is niet gemakkelijk uit te voeren omdat de afblaasleidingen vaak vrij hoog uitmonden. De zuurstofconcentratie kan ook op andere plaatsen gemeten worden, zoals ter hoogte van de aansluiting van een manometer of van een purgeerklep. Het is daarom praktischer om in de instructie op te nemen hoeveel maal men moet opdrukken met stikstof en aflaten voordat het introduceren van waterstof mag starten.* |  |

|  |
| --- |
|  |

## Beheersen van degradatie

|  |  |
| --- | --- |
| Atmosferische corrosie van de vaste drukhouder |  |
| De meeste vaste drukhouders (buffervaten) zijn gemaakt van koolstofstaal. |  |
| Mogelijke oorzaken van externe corrosie zijn: |  |
| * + accumulatie van vocht tussen de ondersteuning en de drukhouder |  |
| * + blootstelling aan atmosferische condities. |  |
| Ondersteuningen ontworpen om accumulatie van water te vermijden |  |
| *Bij horizontale tanks wordt de dubbelingsplaat over de hele omtrek gelast.* |  |
| Uitwendige inspecties van de tankwand |  |
| *De onderneming beschikt over een inspectieverslag waaruit blijkt:* |  |
| * *dat een onderzoek werd gevoerd naar de externe corrosievormen die mogelijk kunnen optreden* |  |
| * *dat de tank nog geschikt is voor gebruik.* |  |
| *De uiterste datum voor het volgende uitwendige onderzoek (vermeld in het inspectieverslag) is nog niet verstreken.* |  |
| *Vlarem II vraagt een vijfjaarlijks periodiek onderzoek, uit te voeren door een milieudeskundige in de discipline houders voor gassen of gevaarlijke stoffen, waarbij de houder onder meer volgens een code van goede praktijk wordt gecontroleerd op de staat van bewaring en op de bescherming tegen corrosie. Dit periodiek onderzoek omvat minstens een uitwendig onderzoek van de houder.* |  |
| Vermoeiing door drukcycli |  |
| Uitvoering van een vermoeiingsanalyse |  |
| *Een vermoeiingsanalyse werd uitgevoerd rekening houdende met het aantal drukcycli waaraan de drukhouder tijdens de exploitatie wordt onderworpen.* |  |
| *Het maximaal aantal drukcycli waaraan de drukhouder mag onderworpen worden, wordt verstrekt door de constructeur. Dit maximaal aantal drukcycli wordt vergeleken met de frequentie waarmee de drukhouder gevuld wordt.* |  |
| Waterstofverbrossing |  |
| Omhulling uit corrosiebestendig materiaal |  |
| *Maatregelen om de risico’s op waterstofbrosheid te vermijden:* |  |
| * + *Gietijzer is niet geschikt als constructiemateriaal omdat dit permeabel is voor waterstof. Ijzerhoudende constructiematerialen met een hoge vloeispanning kunnen aanleiding geven tot waterstofverbrossing.* |  |
| * + *De weerstand van staal tegen waterstofbrosheid wordt verhoogd door toevoeging van geschikte legeringselementen (vb. CrMo-staal).* |  |
| * + *Indien er in de aanwezige waterstof verontreinigingen aanwezig zijn die ammoniak bevatten (vb. omwille van processtoringen bij de gebruiker), is het gebruik van koper- of koper/zink-houdende materialen in leidingen en fittings niet aangewezen omdat deze materialen aangetast worden door ammoniak.* |  |
| * + *Door warmte beïnvloede (heat affected) zones rond lasnaden zijn gevoeliger aan waterstofbrosheid dan het basismateriaal zelf. Om dit te vermijden kan geopteerd worden voor thermische nabehandeling na het lassen.* |  |
| Inspecties van het inwendige van vaste drukhouders in functie van de risico’s |  |
| *De onderneming heeft de mogelijke oorzaken die aanleiding kunnen geven tot waterstofbrosheid in het inwendige van de tank geïdentificeerd.* |  |
| *In functie daarvan werden de inspectiemethoden vastgelegd.* |  |
| *De vaste opslaghouders worden enkel voor inspectiedoeleinden betreden indien de toepassing van de vereiste inspectietechniek(en) dat noodzakelijk maakt. In de meeste gevallen voorziet men geen betreding, maar wel een druktest of een controle door middel van “Time of Flight”-camera’s. Deze camera’s zijn in staat om naast de lengte en de breedte ook de diepte van de scheurtjes in beeld te brengen. Aan de hand van deze analysemethode kan men inspecties op microscheurtjes uitvoeren.* |  |
| *Vlarem II vraagt een vijfjaarlijks periodiek onderzoek, uit te voeren door een milieudeskundige in de discipline houders voor gassen of gevaarlijke stoffen, waarbij de houder onder meer volgens een code van goede praktijk wordt gecontroleerd op de staat van bewaring en op de bescherming tegen corrosie. Het periodiek onderzoek betreft naast een uitwendig onderzoek steeds een inwendig onderzoek, tenzij uit een risicoanalyse van een milieudeskundige in de discipline houders voor gassen of gevaarlijke stoffen blijkt dat, gelet op de eigenschappen van het opgeslagen product, het materiaal van het reservoir, de gebruikshistoriek van het reservoir, de opslagcondities en eventueel andere relevante parameters, geen inwendige corrosie kan optreden.* |  |
| *De milieudeskundige in de discipline houders voor gassen of gevaarlijke stoffen kan de periodiciteit van het inwendig onderzoek, in functie van de gedane vaststellingen of ervaring, mits motivatie, wijzigen, evenwel zonder dat de termijn meer dan tien jaar mag bedragen. In de milieuvergunning kan deze termijn met tien jaar verlengd worden tot maximaal twintig jaar.* |  |
| *Vlarem II voorziet alternatieve onderzoeksmethoden ter vervanging van het inwendig onderzoek. Het periodiek inwendig onderzoek mag vervangen worden door een alternatieve onderzoeksmethode die dezelfde waarborgen biedt. Elk deelonderzoek wordt hierbij uitgevoerd volgens een code van goede praktijk. De voormelde alternatieve onderzoeksmethode en code van goede praktijk worden aanvaard door een milieudeskundige in de discipline houders voor gassen of gevaarlijke producten. Bij het gebruik van een alternatieve onderzoeksmethode moet de periodieke herhaling korter of gelijk zijn aan de termijn die door dit besluit of in de milieuvergunning is opgelegd. Deze termijn wordt vastgelegd op basis van een risicoanalyse uitgevoerd door een milieudeskundige in de discipline houders voor gassen of gevaarlijke stoffen.* |  |
| *De voormelde milieudeskundige stelt een ondertekend attest op van de aanvaarding van de alternatieve onderzoeksmethode en de gebruikte code van goede praktijk, alsook van de verplichte periodiciteit op basis van de risicoanalyse. De exploitant houdt dit attest ter beschikking van de toezichthouder.* |  |

## Beperken van accidentele lekken

|  |  |
| --- | --- |
| Vrijkomen van de inhoud van de vaste drukhouder in geval van een lek in een leiding |  |
| Een vaste opslaghouder wordt bij voorkeur in open lucht geplaatst. |  |
| Gasdetectie ter hoogte van de vaste drukhouder (indien in een gesloten gebouw geplaatst) |  |
| *Gasdetectie voor waterstof in open lucht is weinig effectief en hierdoor ook geen gangbare praktijk. Indien de opslag van waterstof zich in een gesloten gebouw bevindt is waterstofdetectie wel aanbevolen.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats (richtwaarde instelling alarm: 20 à 25% van de LEL)* |  |
| * + *sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor (dit mag bij een hogere waarde dan de alarmwaarde, voor waterstof is hiervoor 40% LEL de richtwaarde).* |  |
| *Plaatsing meetpunten en openingen:* |  |
| * + *rond de vaste drukhouder* |  |
| * + *op goed gekozen locaties* |  |
| * + *bovenaan het gebouw zijn openingen voorzien waarlangs waterstof kan ontsnappen.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test gasdetectoren (richtfrequentie: maandelijks)* |  |
| * + *periodieke kalibratie van de meetkoppen volgens voorschriften fabrikant (richtfrequentie: 6-maandelijks)* |  |
| * *periodieke test van acties gekoppeld aan gasdetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |
| (Nood)afsluiters in alle leidingen |  |
| *Zowel manuele kleppen, afstandsgestuurde kleppen of een combinatie van beide kunnen voorzien worden als noodafsluiters. De voorkeur gaat naar afstandsgestuurde kleppen. Hieronder worden de aandachtspunten beschreven voor die (nood)afsluiters. Sommige aandachtspunten zijn alleen toepasbaar op afstandsgestuurde kleppen.* |  |
| *Indien gekozen wordt voor manuele noodafsluiters dient uit de risicoanalyse te blijken dat deze kleppen de gewenste risicoreductie opleveren en in alle omstandigheden van op een veilige locatie kunnen bediend worden. De werkwijze bij manuele afsluiters wordt beschreven in een instructie.* |  |
| *Locatie:* |  |
| * + *De inrichting voorziet manuele of afstandsgestuurde kleppen op alle leidingen (zowel de leidingen naar de vaste opslaghouder als de leidingen naar de gebruikersinstallatie), zo dicht mogelijk tegen de opslaghouder geplaatst, die bediend kunnen worden van op een veilige locatie.* |  |
| * + *De klep dient zo dicht mogelijk tegen de opslaghouder gemonteerd te worden, om het aantal mogelijke lekpunten tussen de klep en de opslaghouder te minimaliseren. Hoe langer een leiding, hoe groter de kans dat er een lek optreedt. Ideaal is het monteren van de klep rechtstreeks tegen de opslaghouder.* |  |
| * + *Een klep die zich op enige afstand van de opslaghouder bevindt zal niet kunnen verhinderen dat een brand verder gevoed wordt door een faling van het leidingnetwerk dat onmiddellijk blootgesteld wordt aan de impact van het vuur.* |  |
| *Faalpositie bij wegval van perslucht of elektrische voeding:* |  |
| * + *Het is duidelijk dat in het geval van kleppen op de leidingen van de opslaghouder, de veilige positie gesloten is. Een algemeen aanvaard en toegepast principe in de procesveiligheid is om kleppen zodanig uit te voeren dat bij het wegvallen van perslucht of elektrische voeding, de kleppen schakelen naar hun veilige positie (in dit geval dus gesloten).* |  |
| * + *Bij pneumatische actuatoren van het type “spring return” plaatst een veer de klep in een bepaalde positie wanneer de perslucht wegvalt (dit is de faalpositie van de klep).* |  |
| * + *Afsluiters met elektrische actuatoren kunnen ook zodanig worden uitgevoerd dat ze automatisch naar een veilige toestand van de klep evolueren bij het wegvallen van de energietoevoer of het stuursignaal ernaar. Dit wordt gerealiseerd door een veer in de actuator die bij het wegvallen van de energie de klep sluit (zgn. “fail-safe actie”).* |  |
| *Aansturing bij brand:* |  |
| * + *Om het sluiten van pneumatische kleppen bij brand te verzekeren is de gemakkelijkste manier het gebruik van snel smeltende persluchtbuisjes. Hierdoor wordt een automatische werking bekomen, onafhankelijk van andere activeringssystemen. Voor een brand elders in de installatie is het uiteraard wel nodig om deze kleppen via een noodstop en/of een automatische kring dicht te kunnen sturen.* |  |
| * + *Om de bedienbaarheid van een afsluiter met een elektrische actuator ook in geval van brand te verzekeren moet voldaan zijn aan volgende voorwaarden:* |  |
| * + - *de actuator zelf is voldoende brandbestendig om tijdens een brand niet te falen voordat de afsluiter gesloten is* |  |
| * + - *de elektrische voedingskabel naar de actuator is beschermd tegen brand zodanig dat de brandbestendigheid voldoende is om de voeding te verzekeren totdat de klep gesloten is* |  |
| * + - *de signaalkabels voor de sturing van de klep worden niet samen met de voedingskabel beschermd tegen brand zodat ze wegsmelten voor de voedingskabel. Hierdoor zou de klep volgens de eerste voorwaarde van deze opsomming naar zijn faalpositie moeten gaan voordat de voedingskabel het begeeft* |  |
| * + - *de elektrische voeding moet een verhoogde betrouwbaarheid hebben. Zij mag dus niet bij de minste kortsluiting ten gevolge van een brand uitvallen. Dit kan bijvoorbeeld door de actuator te voeden via een “no-break”-systeem of een noodvoedingsnet.* |  |
| *Brandweerstand:* |  |
| * + *Waterstof geeft geen aanleiding tot een plasbrand, waarvoor kleppen gecertificeerd worden, maar wel tot een jetfire waarvoor geen brandbestendigheidscertificaten uitgereikt worden. Het is wel belangrijk om kleppen aan te kopen die specifiek bedoeld zijn om gebruikt te worden voor waterstof.* |  |
| * + *Het is aangewezen om na te gaan of de brandweerstand van de klep niet dient gegarandeerd te worden omwille van de aanwezigheid van andere ontvlambare producten in de omgeving van de opslag van waterstof.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De afsluitkleppen zijn opgenomen in een periodiek inspectieprogramma.* |  |
| *Positieaanduiding van de afsluitkleppen:* |  |
| * + *De afsluitkleppen hebben een van op afstand waarneembare positieaanduiding (open/toe).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Activatie van de kleppen:* |  |
| * + *door noodstop ter hoogte van de verlading* |  |
| * + *door noodstop in de controlekamer (of op een andere permanent bemande plaats)* |  |
| * + *door waterstofdetectie (in geval de drukhouder in een gesloten gebouw staat)* |  |
| * + *door het meten van drukval over de leiding* |  |
| * + *of door branddetectie.* |  |
| Excess-flow valves |  |
| *Deze afsluiters worden geplaatst op de uitgaande leidingen.* |  |
| *De betrouwbaarheid van dergelijke afsluiters is eerder beperkt. Het is niet evident om ze te testen. Indien ze niet getest worden, mogen ze niet in rekening gebracht worden als veiligheidsmaatregel. Bovendien werken ze alleen vanaf een bepaald minimumdebiet. Daarom vormen ze geen gelijkwaardig alternatief voor afstandsgestuurde afsluiters.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De goede werking wordt periodiek getest.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *Zo dicht mogelijk tegen de opslaghouder.* |  |
| Terugslagklep |  |
| *Deze afsluiters worden geplaatst op de ingaande leidingen. Dit is geen alternatief voor manuele of afstandsgestuurde noodafsluiters (wegens onvoldoende betrouwbaar).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De goede werking wordt periodiek getest. Het periodiek testen van een terugslagklep is meestal enkel mogelijk voor grote terugslagkleppen. Kleine terugslagkleppen worden eerder periodiek vervangen.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *Zo dicht mogelijk tegen de vaste drukhouder of zo dicht mogelijk bij de aansluiting.* |  |

## Beheersen van de verspreiding van vrijgezette stoffen

|  |  |
| --- | --- |
| Vorming van explosieve wolk in ruimte met waterstofsysteem |  |
| Voldoende natuurlijke ventilatie garanderen |  |
| *Als de vaste drukhouder geïnstalleerd is in een gebouw, dient er voldoende natuurlijke ventilatie verzekerd te zijn.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *De luchtinlaten moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in de buitenmuren.* |  |
| * + *De luchtuitlaten moeten zo hoog mogelijk in het lokaal voorzien zijn in de buitenmuren of in het dak.* |  |
| *Oppervlak:* |  |
| * + *De luchtinlaten en de luchtuitlaten moeten elk een totaal oppervlak hebben van minstens 0,003m2/m3 volume van het lokaal.* |  |

## Voorkomen van ontstekingsbronnen

|  |  |
| --- | --- |
| Vonken van elektrische apparatuur |  |
| Explosieveilige uitvoering van de elektrische installatie |  |
| *Waterstof is een zeer licht ontvlambaar gas met een zeer lage minimale ontstekingsenergie (0,02 mJ). Een tiende van de energie van een ontlading van statische elektriciteit, een boog of een vonk volstaat om waterstof te ontsteken. Omwille van de lage ontstekingsenergie wordt waterstof voor de zonering ingedeeld als een gas van de groep IIC, temperatuursklasse T1 (zelfontstekingstemperatuur van waterstof is 570°C). Elektrische apparatuur geschikt voor groep IIB + waterstof kan ook gebruikt worden. Dit is onder andere mogelijk voor heftrucks, verlichting, walkietalkies,…* |  |
| *De opslagplaatsen en het leidingwerk maken het voorwerp uit van een zoneringsdossier en een explosieveiligheidsdocument.* |  |
| *De onderneming beschikt over een attest van gelijkvormigheidsonderzoek door een erkend organisme, uitgevoerd vóór de eerste indienststelling van de elektrische installatie of van belangrijke wijzigingen of belangrijke uitbreidingen.* |  |
| *Deze eis is opgenomen in artikel 270 van het “AREI 1981” (geldig vanaf de invoering in 1981 tot en met 31/05/2020) en in Boek I, hoofdstuk 6.4 van het “AREI 2020” (geldig vanaf 1/6/2020).* |  |
| *Welke ook de constructiedatum van de installatie is, de laagspanningsinstallatie wordt:* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor verplaatsbare, mobiele of tijdelijke elektrische installaties (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor de elektrische installaties in ontploffingsgevaarlijke zones (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *vijfjaarlijks gekeurd voor de andere elektrische installaties.* |  |
| *Deze termijnen kunnen nog verkort worden indien zo vermeld in de milieuvergunning of in het laatste keuringsverslag.* |  |
| *Indien er in het verslag van de periodieke controle inbreuken vermeld zijn, toont de exploitant aan dat de nodige herstellingen of aanpassingen correct werden uitgevoerd (of dat de uitvoering hiervan gepland is).* |  |
| *De zones waar een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn worden voorzien van een waarschuwingsbord waarop dit vermeld staat (driehoekig, zwarte letters “EX“ op een gele achtergrond).* |  |
| Verbod op het gebruik van draagbare niet-explosieveilige apparatuur |  |
| *Het verbod op het gebruik van draagbare niet-explosieveilige apparatuur is opgenomen in algemene veiligheidsregels van het bedrijf. Een verbod op GSM-gebruik is aangeduid:* |  |
| * + *bij de ingang van het terrein* |  |
| * + *t.h.v. de opslagplaats.* |  |
| Explosieveilige uitvoering van draagbare elektrische toestellen |  |
| *Het betreft draagbare toestellen, zoals:* |  |
| * + *GSM’s* |  |
| * + *toestellen voor radiocommunicatie* |  |
| * + *zaklampen.* |  |
| *Deze toestellen zijn opgenomen in een inspectieprogramma. Er wordt periodiek nagegaan of de toestellen zich nog in goede staat bevinden: geen loszittende batterij, behuizing nog intact, enz.* |  |
| *Indien bepaalde draagbare elektrische toestellen niet explosieveilig kunnen aangekocht worden, dient het risico van een explosie beheerst te worden aan de hand van maatregelen opgenomen in een risicoanalyse en/of door gebruik te maken van draagbare detectie als men met deze apparatuur werkt.* |  |
| Gebruik van vonkvrij gereedschap |  |
| *Als er tijdens werkzaamheden een risico is op het ontstaan van een waterstoflek, dan is vonkvrij gereedschap aangewezen. Voor werken waarbij er geen kans is op een lek, kan er ook met gewoon gereedschap gewerkt worden, mits ment voorziet in waterstofmetingen voor en tijdens de werken, via de werkvergunning.* |  |
|  |  |
| Geen elektrische kabels in goten of kanalen die waterstofhoudende leidingen bevatten met geflensde verbindingen |  |
| *Als leidingen die waterstof bevatten zich in dezelfde goot of hetzelfde kanaal bevinden als elektrische kabels, dan moet de afstand tussen beide minimaal 50 mm bedragen, dienen alle verbindingen in waterstofleidingen zich tot een minimum te beperken en dienen de verbindingen ofwel gelast of gebraseerd te zijn. Als er zich in die goten of kanalen ook andere leidingen bevinden, dan dienen de waterstofleidingen zicht altijd boven de andere leidingen te bevinden.* |  |
| Elektrostatische vonken |  |
| Antistatisch schoeisel en kledij |  |
| *Het dragen van antistatisch schoeisel en kledij is verplicht voor eigen personeel en derden die ter hoogte van de opslagplaats of aan het leidingwerk werken uitvoeren waarbij waterstof kan vrijkomen (vb. het openen van leidingen of onderdelen waarin nog waterstof aanwezig is of kan aanwezig zijn.* |  |
| *Er is een verbod op het aantrekken en uittrekken van kledij in de installatie, want het risico op elektrostatische vonken doet zich vooral dan voor.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Aardingsverbindingen van vaste opslaghouders |  |
| *De solide bevestiging van de vaste aardingen wordt periodiek gecontroleerd tijdens controlerondes.* |  |
| Open vlam |  |
| Plaatsing verbodsborden ‘vuur, open vlam en roken verboden’ |  |
| *Het bord ‘Vuur, open vlam en roken verboden’ is afgebeeld in Boek III, Titel 6 van de Codex over het welzijn op het werk (veiligheids- en gezondheidssignalering).* |  |
| *Wat betreft de locatie van deze borden legt de Codex de volgende voorwaarden op:* |  |
| * + *op passende hoogte en op een passende plaats ten opzichte van het gezichtsveld* |  |
| * + *bij de toegang tot een zone waar het risico door de aanwezigheid van een open vlam bestaat* |  |
| * + *op een goed verlichte en gemakkelijk toegankelijke en zichtbare plaats.* |  |
| *Werken met open vlam of gensters onderworpen aan warmwerkvergunning* |  |
| *Werkzaamheden met open vlam omvatten onder andere:* |  |
| * + *laswerken* |  |
| * + *snijbranden (d.i. het snijden van metalen met een zuurstoffakkel).* |  |
| *Werkzaamheden waarbij gensters kunnen geproduceerd worden, zijn:* |  |
| * + *snijden en slijpen aan de hand van gereedschappen zoals cirkelzagen en lintzaagmachines* |  |
| * + *slijpen* |  |
| * + *schuren.* |  |
| *Het is een courante praktijk om werken met elektrische apparaten in gezoneerde gebieden ook te laten vallen onder de warmwerkvergunning.* |  |
| *De warmwerkvergunning/vuurvergunning is ondertekend door een preventieadviseur (Boek III, Titel 3, artikel 28 van de Codex over het welzijn op het werk).* |  |
| *Veiligheidsafstanden t.o.v. plaatsen met open vlam* |  |
| *Zie hiervoor de veiligheidsafstanden opgenomen in verschillende codes (o.a. referenties [6] en [11]) en de wettelijk vereiste minimumafstanden, opgenomen in hoofdstuk 2.* |  |

## Beperken van schade door brand

|  |  |
| --- | --- |
| Uitbreiding van een beginnende brand |  |
| Branddetectie |  |
| *Voor vaste drukhouders in open lucht is branddetectie veel zinvoller dan gasdetectie. Omdat de vlam afkomstig van een waterstofbrand nauwelijks zichtbaar is, is branddetectie op basis van infraroodmetingen aangewezen.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats* |  |
| * + *automatische sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor of deze acties worden geactiveerd door een operator aanwezig op een permanent bemande plaats.* |  |
| *Plaatsing meetpunten:* |  |
| * + *rond de vaste drukhouder* |  |
| * + *op goed gekozen locaties en dicht bij de bron.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test branddetectoren* |  |
| * + *periodieke test van acties gekoppeld aan branddetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Draagbare blusapparaten |  |
| *Draagbare blusapparaten zijn niet geschikt om een gasbrand te bestrijden. Ze kunnen wel gebruikt worden om andere beginnende brandjes te blussen.* |  |
| *Aantal en locatie:* |  |
| * + *goed bereikbaar* |  |
| * + *vastgelegd in overleg met de lokaal bevoegde brandweerdienst. Dit blijkt uit een verslag (opgesteld door de brandweerdienst en/of de onderneming).* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- en onderhoudsprogramma:* |  |
| * *periodieke visuele controle op de aanwezigheid en bereikbaarheid van de blusapparaten* |  |
| * *jaarlijkse grondige inspectie van elk toestel door een deskundig persoon.* |  |
| *Opleiding:* |  |
| * + *Werknemers krijgen een periodieke training in het gebruik van draagbare blusapparaten. De deelname aan deze opleidingen wordt geregistreerd.* |  |
| *Signalisatie:* |  |
| * + *Draagbare blusapparaten zijn rood geverfd en zijn doelmatig gesignaliseerd.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Openscheuren van een opslaghouder door externe brand |  |
| Veilige afstand tussen vaste drukhouders en potentiële brandhaarden |  |
| *Zie hiervoor de veiligheidsafstanden opgenomen in verschillende codes (o.a. referenties [6] en [11]) en de wettelijk vereiste minimumafstanden, opgenomen in hoofdstuk 2.* |  |
| Periodieke verwijdering van brandbare begroeiing rond de opslaghouder |  |
| Periodieke inspecties op aanwezigheid van brandbare rommel |  |
| Positie ten opzichte van grondniveau |  |
| * *Opslag is gesitueerd op een hoger gelegen niveau dan de opslag van ontvlambare vloeistoffen of vloeibaar gemaakte zuurstof (als de afstand tussen waterstof en de andere categorieën stoffen kleiner is dan 15 m).* |  |
| * *Als de opslag toch gelegen is op een niveau lager dan de nabijgelegen opslag van ontvlambare vloeistoffen of vloeibaar gemaakte zuurstof, dan moeten er beschermingsmaatregelen genomen worden om te vermijden dat gevaarlijke stoffen onder de opslaghouders kunnen stromen (als de afstand tussen waterstof en de andere categorieën stoffen kleiner is dan 15 m).* |  |
| Vast opgestelde watersproeisystemen rond de vaste drukhouder |  |
| *Een waterstofbrand kan enkel maar veilig gestopt worden door de brand gecontroleerd te laten uitbranden totdat de toevoer van waterstof kan afgesloten worden. Zolang de waterstoftoevoer niet gestopt is, is de kans op heropflakkering van een waterstofbrand groot. Watersproeisystemen zijn nuttig om de waterstofopslag te koelen (zodat het uitstroomdebiet lager is), om secundaire branden te vermijden en om de verdere uitbreiding van de brand te beperken.* |  |
| *Tot de vast opgestelde waterkoelsystemen worden gerekend:* |  |
| * *delugesystemen* |  |
| * *bluswatermonitoren.* |  |
| *Bluswatermonitoren:* |  |
| * + *zijn permanent verbonden met het bluswaternet* |  |
| * + *kunnen het volledige oppervlak bereiken* |  |
| * + *zijn toegankelijk en veilig te bedienen bij brand of zijn van op afstand te activeren en te richten* |  |
| * + *hebben spuitmonden die aanpasbaar zijn zodat zowel een vloeistofstraal als vloeistofdruppels kunnen gevormd worden* |  |
| * + *hebben een doseerdebiet van de grootteorde 8,14 l/min.m2.* |  |
| *Delugesystemen:* |  |
| * + *Het systeem kan geactiveerd worden vanop een veilige locatie.* |  |
| * + *Het systeem kan geactiveerd worden door de aanwezige branddetectie.* |  |
| * + *Het doseerdebiet is bepaald volgens een code van goede praktijk. Het debiet om een vaste drukhouder te kunnen koelen zal zeker 10 l/min.m2 moeten bedragen, wat vrij veel is. Maar er is een hoge koelcapaciteit nodig omdat de temperatuur van een waterstofbrand vrij hoog is en de metalen omhulling van de vaste drukhouder verliest bij hoge temperatuur ook sterkte.* |  |
| *Bluswatertoevoer:* |  |
| * + *De bluswatercapaciteit is bepaald op basis van het zwaarste scenario (vb. koelen van grootste tank + naburige tanks + reservecapaciteit).* |  |
| * + *De bluswatervoorraad is verzekerd door:* |  |
| * *een natuurlijke reserve (kanaal, stroom, e.d.)* |  |
| * *een voldoende groot waterreservoir en een regelmatige controle van de watervoorraad.* |  |
| * + *De bluswatertoevoer is ook verzekerd bij elektriciteitsuitval (vb. dieselaangedreven pompen of een noodgenerator voor elektrisch aangedreven bluswaterpompen).* |  |
| * + *Het bluswaternet is in (een) lus(sen) aangelegd (ringleiding) en voorzien van sectiekranen.* |  |
| * + *Het bluswaternet is beschermd tegen vorst:* |  |
| * *voldoende diep ingegraven* |  |
| * *verwarmd* |  |
| * *droog systeem.* |  |
| * + *Het bluswaternet is beschermd tegen corrosie:* |  |
| * *corrosiebestendige uitvoering* |  |
| * *kathodische bescherming* |  |
| * *beschermende dekkingslaag.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *De vaste blussystemen zijn opgenomen in een inspectie- of onderhoudsprogramma. Dit omvat minstens:* |  |
| * *een live test van de delugesystemen en monitoren (richtfrequentie: jaarlijks)* |  |
| * *een visuele inspectie van de goede staat van de bluswaterleidingen* |  |
| * *een test van de bluswaterpomp(en) (richtfrequentie: maandelijks)* |  |
| * *een inspectie van de tank met bluswater en van het bluswaternet.* |  |
| Ondersteuningen uit onbrandbaar materiaal |  |
| *Er dient wel rekening mee gehouden te worden dat metalen ondersteuningen bij hoge temperatuur ook sterkte verliezen; betonnen ondersteuningen zijn meer aangewezen.* |  |
| Veiligheidsklep(pen) |  |
| *Dimensionering:* |  |
| * + *De veiligheidsklep (of een geheel van meerdere veiligheidskleppen) is gedimensioneerd voor het scenario “externe brand”. De berekeningen geven:* |  |
| * + - *de vereiste capaciteit* |  |
| * + - *de effectieve capaciteit van het geïnstalleerde veiligheidsventiel.* |  |
| * + *Andere voorwaarden (constructiemateriaal, inspectie, waterophoping in de afblaaslijn, afblaasleidingen, afblaaslocatie, reactiekrachten afblaasstroom, beschikbaarheid) waaraan de veiligheidsklep dient te beantwoorden zijn in detail weergegeven bij het scenario “overdruk in de vaste drukhouder”. Deze voorwaarden zijn algemeen geldig op alle plaatsen waar een veiligheidsklep als maatregel gedefinieerd wordt.* |  |
| Falen van pakkingen in een externe brand |  |
| Brandbestendige flensverbindingen |  |
| *Om kleppen in te bouwen in een leiding kunnen er flensverbindingen gebruikt worden. De brandbestendige inbouwwijze van de klep wordt dan verzekerd door een brandbestendige pakking te plaatsen tussen de flenzen van de klep en deze van de leiding.* |  |
| *De enige garantie dat een pakking daadwerkelijk brandbestendig is, wordt geleverd door een testcertificaat. Alhoewel hiervoor geen specifieke norm bestaat, kan een pakking getest worden volgens de principes van de testmethode voor brandbestendige kleppen. In de praktijk zijn er verschillende pakkingen op de markt beschikbaar die een “fire safe”-certificaat hebben volgens de hierboven beschreven normen voor brandbestendige kleppen.* |  |
| *Er bestaat echter een bepaalde manier om kleppen in te bouwen waarbij men geen gebruik maakt van geflensde verbindingen, maar waarbij draadstangen langs de buitenkant van de kleppen lopen. Deze zogenaamde “wafer”-montage wordt hieronder geïllustreerd.* |  |
| *Pages from Vereisten voor een hoog beschermingsniveau voor installaties voor de opslag en verlading van ontvlambare vloeistoffen 1* |  |
| *Het valt te betwijfelen of de draadstangen die zich bij de “wafer”-montage onbeschermd buiten langs de klep bevinden, lang kunnen weerstaan aan een brand. Als niet kan aangetoond worden dat de draadstangen voldoende (minstens een half uur brandweerstand) tegen brand beschermd zijn, dan worden op deze manier ingebouwde kleppen door de Belgische Seveso-inspectiediensten niet als voldoende brandbestendig beschouwd.* |  |
| *Voor informatie over aanvaardbare types pakkingen, zie maatregel 3.* |  |
| Brand in een gebouw met een waterstofsysteem |  |
| Brandweerstand lokaal en gebouw conform regelgeving |  |
| *Volgens artikel 52 van het ARAB worden lokalen met brandbare samengeperste gassen in een hoeveelheid die groter is dan of gelijk is aan 300 l, ingedeeld in groep 1.* |  |

## Beperken van schade door explosies

|  |  |
| --- | --- |
| Zwakke wand in een lokaal |  |
| *In het geval van een vaste drukhouder gesitueerd in een apart gebouw, moet minstens één van de buitenmuren geconstrueerd zijn uit een licht materiaal of opgetrokken uit panelen die zich losmaken bij een interne overdruk (normaal gezien kan een gebouw weerstaan aan een overdruk van 50 mbar).* |  |
| *De explosie moet weggeleid worden van een plaats waar personen of andere apparatuur kunnen geraakt worden.* |  |

## Interventie

|  |  |
| --- | --- |
| Interventiestrategie |  |
| *Typische elementen met betrekking tot een waterstoflek en waterstofbrand zijn:* |  |
| * + *Er wordt geprobeerd om het waterstoflek te stoppen, anders ontstaat een risico van herontsteking of explosie.* |  |
| * + *De naburige apparatuur wordt met grote waterhoeveelheden besproeid (voorkeur voor vernevelde waterstraal) om te koelen, te vermijden dat zij in de brand terecht komen en om het risico van herontsteking door contact met naburige hete oppervlakken te vermijden.* |  |
| * + *Als de brand gedoofd is en als de gasstroom voortduurt, wordt de ventilatie verhoogd om te vermijden dat een explosieve atmosfeer kan ontstaan. Men kan een watergordijn gebruiken om ventilatie te creëren.* |  |
|  |  |
| Toegankelijkheid voor interventie en evacuatie |  |
| *Toegangen:* |  |
| * + *De toegang tot het bedrijf, de opslaghouders en de verlaadstations is vastgelegd in overleg met de brandweer. De toegang is breed genoeg om interventievoertuigen toe te laten (6 m voor tweerichtingsverkeer of 4 m voor éénrichtingsverkeer).* |  |
| * + *Er zijn bij voorkeur minstens twee van elkaar onafhankelijke toegangen tot de site op een zo groot mogelijke onderlinge afstand (om de toegang te verzekeren bij verschillende windrichtingen).* |  |
| * + *Er is een vrije hoogte van ten minste 4,20 m (vb. onder pijpenbruggen).* |  |
| *Doorgangen:* |  |
| * + *Elke opslaghouder heeft bij voorkeur één vrije kant die vanop een weg te bereiken is, dus maximaal twee opslaghouders naast elkaar op een rij. Voor groepen van kleine tanks kan een uitzondering gemaakt worden.* |  |
| *Aanduiding windrichting:* |  |
| * + *bijvoorbeeld windzak of windvaan* |  |
| * + *zichtbaar vanaf verlaadinstallatie en opslagplaats.* |  |

# Mobiele opslag

Dit hoofdstuk heeft betrekking op mobiele opslag bij waterstofgebruikers. Met mobiele opslag wordt bedoeld dat de vulling van de opslaghouder niet gebeurt bij de waterstofgebruiker, maar bij de leverancier van waterstof. Tube-trailers en (flessen)batterijen die bij de leverancier gevuld worden vallen onder de definitie van mobiele opslag. Bij de waterstofgebruiker worden de lege tube-trailers en/of flessenbatterijen ingewisseld voor volle tube-tubetrailers en/of flessenbatterijen.

## Constructie van tube-trailers en flessen(batterijen)

|  |  |
| --- | --- |
| Constructie van tube-trailers en flessen(batterijen) uitgevoerd volgens een constructienorm |  |
| *De mobiele drukhouders, zoals tube-trailers en flessen(batterijen) dienen te voldoen aan de vereisten van de richtlijn inzake vervoerbare drukapparatuur. De specifieke richtlijnen waaraan de constructie van tube-trailers en flessenbatterijen dienen te voldoen zijn opgenomen in de bijlage van de richtlijn 2008/68/EG (Richtlijn inzake het vervoer van gevaarlijke stoffen over land).* |  |
| *Voor de tube-trailers en de flessenbatterijen geeft de Pi-markering en het kenteken van de aangemelde instantie aan dat deze vervoerbare drukapparatuur in overeenstemming is met de richtlijn vervoerbare drukapparatuur.* |  |
| Constructiedossier van tube-trailers en flessen(batterijen) beschikbaar |  |
| *Het constructiedossier van tube-trailers en flessenbatterijen handelt niet alleen over de flessen zelf, maar behandelt ook het toebehoren en de samenbouw. Het toebehoren zoals kranen en koppelingen is meestal gemaakt uit standaard materiaal, waardoor de* *belangrijkste informatie in het constructiedossier hoofdzakelijk terug te brengen is tot de constructie van de flessen zelf.* |  |

## Signalisatie

|  |  |
| --- | --- |
| Signalisatie van mobiele opslaghouders |  |
| *Aanduiding op iedere houder van:* |  |
| * + *het nummer van de houder* |  |
| * + *de naam van het opgeslagen gas: waterstof* |  |
| * + *de gevarensymbolen (conform de ADR-regelgeving)* |  |
| * + *het inhoudsvermogen* |  |
| * + *het Pi-kenmerk.* |  |

## Beheersen van processtoringen

|  |  |
| --- | --- |
| Doorslag van druk van opslag naar gebruikersnet |  |
| Indien de opslag van waterstof bij de gebruiker gebeurt aan de hand van een mobiele opslaghouder, is er een gasontspansysteem voorzien tussen deze mobiele opslaghouders en de gebruiker en dient de gebruiker beveiligd te worden tegen hoge druk afkomstig vanuit de mobiele opslaghouder. |  |
| Het drukbeveiligingssysteem omvat minstens een ontspansysteem met een drukregelaar, een isolatieklep tussen de tube-trailer of flessen(batterij) en het ontspansysteem, een veiligheidsklep en eventueel een bijkomende instrumentele beveiligingskring. |  |
| Drukmeting met alarm |  |
| *Specificaties:* |  |
| * + *Het alarmsignaal wordt gegeven ter hoogte van de verlaadpost en op een plaats waar permanent personeel aanwezig is (vb. in de controlekamer).* |  |
| * + *De gepaste respons op het alarm is opgenomen in een instructie.* |  |
| * + *De alarmwaarde is ingesteld zodat er nog genoeg tijd is om in te grijpen.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De drukmeting en het alarm worden periodiek gecontroleerd op hun goede werking.* |  |
| Interlock bij hoge druk (met drukmeting die onafhankelijk is van de gewone drukmeting) |  |
| *Deze maatregel is van toepassing als uit de risicoanalyse blijkt dat naast de aanwezigheid van een drukmeting met alarm en een veiligheidsklep, er nog een bijkomende maatregel noodzakelijk is om het risico voldoende te reduceren.* |  |
| *Deze instrumentele beveiligingskring stopt de toevoer van waterstof uit de tube-trailer of flessen(batterij) naar de gebruiker.* |  |
| *Actie:* |  |
| * + *De interlock sluit de afsluitkleppen.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De instrumentele beveiligingskring wordt periodiek gecontroleerd op zijn goede werking.* |  |
| Veiligheidsklep |  |
| *Deze veiligheidsklep is zo gedimensioneerd dat deze in staat is om de leiding die naar de gebruikersinstallatie loopt en de apparatuur bij de gebruiker tegen overdrukken te beschermen in geval de drukregelaar zou falen.* |  |
| *Andere voorwaarden (constructiemateriaal, inspectie, waterophoping in de afblaaslijn, afblaasleidingen, afblaaslocatie, reactiekrachten afblaasstroom, beschikbaarheid) waaraan de veiligheidsklep dient te beantwoorden zijn in detail weergegeven bij het scenario “overdruk in de vaste drukhouder”. Deze voorwaarden zijn algemeen geldig op alle plaatsen waar een veiligheidsklep als maatregel gedefinieerd wordt.* |  |
| Aanwezigheid van lucht bij indienstname |  |
| Spoelprocedure om de aanwezigheid van zuurstof te vermijden |  |
| *Voordat een systeem dat waterstof gaat bevatten in dienst genomen wordt of na onderhoud opnieuw in dienst genomen wordt, dient het systeem gespoeld te worden met een inert gas om zuurstof uit het systeem te elimineren.* |  |
| *De spoelprocedure wordt toegepast voor elke indienstname en is opgenomen in een instructie.* |  |
| *Na het spoelen wordt bij tube-trailers gecontroleerd dat de residuele zuurstofconcentratie lager is dan 1%. Het meten van de zuurstofconcentratie ter hoogte van de uitlaat van de afblaasleiding is niet gemakkelijk uit te voeren omdat de afblaasleidingen vaak vrij hoog uitmonden. De zuurstofconcentratie kan ook op andere plaatsen gemeten worden, zoals ter hoogte van de aansluiting van een manometer of van een purgeerklep. Dit gebeurt bij tube-trailers niet na een gewoon onderhoud aan de tube-trailer maar wel na het uitvoeren van laswerken aan de tubes of na het uitvoeren van periodieke testen. Eerst spoelt men de tube-trailer met stikstof, waarna er gespoeld wordt met waterstof.* |  |

## Beheersen van degradatie

|  |  |
| --- | --- |
| Atmosferische corrosie van de tube-trailers of flessen(batterijen) |  |
| De metalen tube-trailers en flessen(batterijen) zijn niet gemaakt uit roestvaststaal. Externe atmosferische corrosie is dus een relevant corrosiefenomeen. |  |
| Ondersteuningen ontworpen om accumulatie van water te vermijden |  |
| Vermoeiing door drukcycli |  |
| Uitvoering van een vermoeiingsanalyse |  |
| *Bij tube-trailers en flessen(batterijen) heeft men impliciet rekening gehouden met vermoeiing door drukcycli bij het bepalen van de wettelijke periodieke controles.* |  |
| Waterstofverbrossing |  |
| Omhulling uit corrosiebestendig materiaal |  |
| *Maatregelen om de risico’s op waterstofbrosheid te vermijden:* |  |
| * + *Gietijzer is niet geschikt als constructiemateriaal omdat dit permeabel is voor waterstof. Ijzerhoudende constructiematerialen met een hoge vloeispanning kunnen aanleiding geven tot waterstofverbrossing.* |  |
| * + *De weerstand van staal tegen waterstofbrosheid wordt verhoogd door toevoeging van geschikte legeringselementen (bv. CrMo staal).* |  |
| * + *Indien er in de aanwezige waterstof verontreinigingen aanwezig zijn die ammoniak bevatten (vb. omwille van processtoringen bij de gebruiker), is het gebruik van koper of koper/zink houdende materialen in leidingen en fittings niet aangewezen omdat deze materialen aangetast worden door ammoniak.* |  |
| * + *Door warmte beïnvloede (heat affected) zones rond lasnaden zijn gevoeliger aan waterstofbrosheid dan het basismateriaal zelf. Om dit te vermijden kan geopteerd worden voor thermische nabehandeling na het lassen.* |  |
| Inspecties van het inwendige van tube-trailers en flessen(batterijen) in functie van de risico’s |  |
| *De exploitant heeft de mogelijke oorzaken die aanleiding kunnen geven tot waterstofbrosheid in het inwendige van de tube-trailers en flessen(batterijen) onderzocht. In functie daarvan werden de inspectiemethoden vastgelegd.* |  |
| *Metalen flessen van flessen(batterijen) of van tube-trailers worden om de 10 jaar opnieuw gekeurd. De inspectiefrequentie van composietflessen wordt vastgelegd tussen de constructeur en een aangemelde instantie (keuringsorganisme). Composietflessen van het type II krijgen na 5 jaar een keuring waarbij aan de hand van een steekproef op enkele flessen een inspectie gebeurt. Na 10 jaar worden dan alle composietflessen geïnspecteerd. Voor tube-trailers worden na 10 jaar alle flessen volledig uitgebouwd voor inspectie.* |  |
| *Op alle flessen, zowel van flessen(batterijen) als van tube-trailers wordt het Pi-kenteken aangebracht, evenals de datum van periodieke keuring en het kenteken van het keuringsorganisme.* |  |

## Beperken van accidentele lekken

|  |  |
| --- | --- |
| Vrijkomen van de inhoud van de tube-trailer of flessen(batterij) in geval van een lek in een leiding naar de gebruikersinstallatie |  |
| Een mobiele opslaghouder wordt bij voorkeur in open lucht geplaatst. |  |
| Noodstop sluit afstandsgestuurde afsluiter |  |
| *De trailers zijn uitgerust met een automatische afsluiter die wordt gestuurd door perslucht. Als de perslucht wegvalt, stopt de toevoer naar de klant. Dit blijft ook geldig als de tube-trailer stil staat bij de klant.* |  |
| *De afsluiter kan ook bediend worden door een noodstop aan de voorkant van de trailer.* |  |
| Gasdetectie ter hoogte van de flessen(batterij) (indien in een gesloten gebouw geplaatst) |  |
| *Gasdetectie voor waterstof in open lucht is weinig effectief en hierdoor ook geen gangbare praktijk.* |  |
| *Indien de mobiele opslag voor waterstof zich in een gesloten gebouw bevindt is waterstofdetectie wel aanbevolen.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats (richtwaarde instelling alarm: 20 à 25% van de LEL)* |  |
| * + *sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor (dit mag bij een hogere waarde dan de alarmwaarde, voor waterstof is hiervoor 40% LEL de richtwaarde).* |  |
| *Plaatsing meetpunten en openingen:* |  |
| * + *rond de mobiele drukhouders* |  |
| * + *op goed gekozen locaties* |  |
| * + *bovenaan het gebouw zijn openingen voorzien waarlangs waterstof kan ontsnappen.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test gasdetectoren (richtfrequentie: maandelijks)* |  |
| * + *periodieke kalibratie van de meetkoppen volgens voorschriften fabrikant (richtfrequentie: 6-maandelijks)* |  |
| * *periodieke test van acties gekoppeld aan gasdetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |
| (Nood)afsluiters in alle leidingen naar de gebruiker |  |
| *Zowel manuele kleppen, afstandsgestuurde kleppen of een combinatie van beide kunnen voorzien worden als noodafsluiters. De voorkeur gaat naar afstandsgestuurde kleppen. Hieronder worden de aandachtspunten beschreven voor die (nood)afsluiters. Sommige aandachtspunten zijn alleen toepasbaar op afstandsgestuurde kleppen.* |  |
| *Indien gekozen wordt voor manuele noodafsluiters dient uit de risicoanalyse te blijken dat deze kleppen de gewenste risicoreductie opleveren en in alle omstandigheden van op een veilige locatie kunnen bediend worden. De werkwijze bij manuele afsluiters wordt beschreven in een instructie.* |  |
| *Locatie:* |  |
| * + *De inrichting voorziet manuele of afstandsgestuurde kleppen op alle leidingen, zo dicht mogelijk tegen de mobiele opslaghouder geplaatst, die bediend kunnen worden van op een veilige locatie.* |  |
| * + *De klep dient zo dicht mogelijk tegen de mobiele opslaghouder gemonteerd te worden, om het aantal mogelijke lekpunten tussen de klep en de opslaghouder te minimaliseren. Hoe langer een leiding, hoe groter de kans dat er een lek optreedt. Ideaal is het monteren van de klep rechtstreeks tegen de opslaghouder. Een klep die zich op enige afstand van de mobiele opslaghouder bevindt, zal niet kunnen verhinderen dat een brand verder gevoed wordt door een faling van het leidingnetwerk dat onmiddellijk blootgesteld wordt aan de impact van het vuur.* |  |
| * + *In geval een tube-trailer gebruikt wordt als mobiele opslaghouder bij een gebruiker van waterstof, dan zijn op de tube-trailer zelf automatische afsluiters voorzien die bij het wegvallen van perslucht gesloten worden.* |  |
| *Faalpositie bij wegval van perslucht of elektrische voeding:* |  |
| * + *Het is duidelijk dat in het geval van kleppen op de leidingen van de opslaghouder de veilige positie gesloten is. Een algemeen aanvaard en toegepast principe in de procesveiligheid is om kleppen zodanig uit te voeren dat bij het wegvallen van perslucht of elektrische voeding, de kleppen schakelen naar hun veilige positie (in dit geval dus gesloten).* |  |
| * + *Bij pneumatische actuatoren van het type “spring return” plaatst een veer de klep in een bepaalde positie wanneer de perslucht wegvalt (dit is de faalpositie van de klep).* |  |
| * + *Afsluiters met elektrische actuatoren kunnen ook zodanig worden uitgevoerd dat ze automatisch naar een veilige toestand van de klep evolueren bij het wegvallen van de energietoevoer of het stuursignaal ernaar. Dit wordt gerealiseerd door een veer in de actuator die bij het wegvallen van de energie de klep sluit (zgn. “fail-safe actie”).* |  |
| *Aansturing bij brand:* |  |
| * + *Om het sluiten van pneumatische kleppen bij brand te verzekeren is de gemakkelijkste manier het gebruik van snel smeltende persluchtbuisjes. Hierdoor wordt een automatische werking bekomen, onafhankelijk van andere activeringssystemen. Voor een brand elders in de installatie is het uiteraard wel nodig om deze kleppen via een noodstop en/of een automatische kring dicht te kunnen sturen.* |  |
| * + *Om de bedienbaarheid van een afsluiter met een elektrische actuator ook in geval van brand te verzekeren moet voldaan zijn aan de volgende voorwaarden:* |  |
| * + - *de actuator zelf is voldoende brandbestendig om tijdens een brand niet te falen voordat de afsluiter gesloten is.* |  |
| * + - *de elektrische voedingskabel naar de actuator is beschermd tegen brand zodanig dat de brandbestendigheid voldoende is om de voeding te verzekeren totdat de klep gesloten is.* |  |
| * + - *de signaalkabels voor de sturing van de klep worden niet samen met de voedingskabel beschermd tegen brand, zodat ze wegsmelten vóór de voedingskabel. Hierdoor zou de klep volgens de eerste voorwaarde van deze opsomming naar zijn faalpositie moeten gaan voordat de voedingskabel het begeeft.* |  |
| * + - *de elektrische voeding moet een verhoogde betrouwbaarheid hebben. Zij mag dus niet bij de minste kortsluiting ten gevolge van een brand uitvallen. Dit kan bijvoorbeeld door de actuator te voeden via een “no-break”-systeem of een noodvoedingsnet.* |  |
| *Brandweerstand:* |  |
| * + *Waterstof geeft geen aanleiding tot een plasbrand, waarvoor kleppen gecertificeerd worden, maar wel tot een jetfire, waarvoor geen certificaten uitgereikt worden. Het is wel belangrijk om kleppen aan te kopen die specifiek bedoeld zijn om gebruikt te worden voor waterstof.* |  |
| * + *Het is aangewezen om na te gaan of de brandweerstand van de klep niet dient gegarandeerd te worden omwille van de aanwezigheid van andere ontvlambare producten in de omgeving van de opslag van waterstof.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De afsluitkleppen zijn opgenomen in een periodiek inspectieprogramma.* |  |
| *Positieaanduiding van de afsluitkleppen:* |  |
| * + *De afsluitkleppen hebben een van op afstand waarneembare positieaanduiding (open/toe).* |  |
| *Activatie van de kleppen:* |  |
| * + *door noodstop ter hoogte van de verlading* |  |
| * + *door noodstop in de controlekamer (of op een andere permanent bemande plaats)* |  |
| * + *door waterstofdetectie (in geval de mobiele drukhouder in een gesloten gebouw staat)* |  |
| * + *door het meten van drukval over de leiding* |  |
| * + *of door branddetectie.* |  |
| Excess-flow valves |  |
| *Deze afsluiters worden geplaatst op de uitgaande leidingen.* |  |
| *De betrouwbaarheid van dergelijke afsluiters is eerder beperkt. Het is niet evident om ze te testen. Indien ze niet getest worden, mogen ze niet in rekening gebracht worden als veiligheidsmaatregel. Bovendien werken ze alleen vanaf een bepaald minimumdebiet. Daarom vormen ze geen gelijkwaardig alternatief voor afstandsgestuurde afsluiters.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De goede werking wordt periodiek getest.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *Zo dicht mogelijk tegen de mobiele drukhouder.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Terugslagklep |  |
| *Deze afsluiters worden geplaatst op de ingaande leidingen. Dit is geen alternatief voor manuele of afstandsgestuurde noodafsluiters (wegens onvoldoende betrouwbaar).* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De goede werking wordt periodiek getest. Het periodiek testen van een terugslagklep is meestal enkel mogelijk voor grote terugslagkleppen. Kleine terugslagkleppen worden eerder periodiek vervangen.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *Zo dicht mogelijk tegen de mobiele drukhouder of zo dicht mogelijk bij de aansluiting.* |  |

## Beheersen van de verspreiding van vrijgezette stoffen

|  |  |
| --- | --- |
| Vorming van explosieve wolk in ruimte met waterstofsysteem |  |
| Voldoende natuurlijke ventilatie garanderen |  |
| *Als de flessen(batterij) geïnstalleerd is/zijn in een gebouw, dient er voldoende natuurlijke ventilatie verzekerd te zijn.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *De luchtinlaten moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in de buitenmuren.* |  |
| * + *De luchtuitlaten moeten zo hoog mogelijk in het lokaal voorzien zijn in de buitenmuren of in het dak.* |  |
| *Oppervlak:* |  |
| * + *De luchtinlaten en de luchtuitlaten moeten elk een totaal oppervlak hebben van minstens 0,003 m2/m3 volume van het lokaal.* |  |

## Voorkomen van ontstekingsbronnen

|  |  |
| --- | --- |
| Vonken van elektrische apparatuur |  |
| Explosieveilige uitvoering van de elektrische installatie |  |
| *Waterstof is een zeer licht ontvlambaar gas met een zeer lage minimale ontstekingsenergie (0,02 mJ). Een tiende van de energie van een ontlading van statische elektriciteit, een boog of een vonk volstaat om waterstof te ontsteken. Omwille van de lage ontstekingsenergie wordt waterstof voor de zonering ingedeeld als een gas van de groep IIC, temperatuursklasse T1 (zelfontstekingstemperatuur van waterstof is 570°C). Elektrische apparatuur geschikt voor groep IIB + waterstof kan ook gebruikt worden. Dit is onder andere mogelijk voor heftrucks, verlichting, walkietalkies,…* |  |
| *De opslagplaatsen en het leidingwerk maken het voorwerp uit van een zoneringsdossier en een explosieveiligheidsdocument.* |  |
| *De onderneming beschikt over een attest van gelijkvormigheidsonderzoek door een erkend organisme, uitgevoerd vóór de eerste indienststelling van de elektrische installatie of van belangrijke wijzigingen of belangrijke uitbreidingen.* |  |
| *Deze eis is opgenomen in artikel 270 van het “AREI 1981” (geldig vanaf de invoering in 1981 tot en met 31/05/2020) en in Boek I, hoofdstuk 6.4 van het “AREI 2020” (geldig vanaf 1/6/2020).* |  |
| *Welke ook de constructiedatum van de installatie is, de laagspanningsinstallatie wordt:* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor verplaatsbare, mobiele of tijdelijke elektrische installaties (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor de elektrische installaties in ontploffingsgevaarlijke zones (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *vijfjaarlijks gekeurd voor de andere elektrische installaties.* |  |
| *Deze termijnen kunnen nog verkort worden indien zo vermeld in de milieuvergunning of in het laatste keuringsverslag.* |  |
| *Indien er in het verslag van de periodieke controle inbreuken vermeld zijn, toont de exploitant aan dat de nodige herstellingen of aanpassingen correct werden uitgevoerd (of dat de uitvoering hiervan gepland is).* |  |
| *De zones waar een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn worden voorzien van een waarschuwingsbord waarop dit vermeld staat (driehoekig, zwarte letters “EX“ op een gele achtergrond).* |  |
| *Op de trailers is enkel het ADR van toepassing, want deze zijn voorzien van intrinsiek veilige koppelingen.* |  |
| *In geval er onderhoud dient uitgevoerd te worden ter hoogte van een tube-trailer, wordt hiervoor een tijdelijke EX-zone voorzien.* |  |
| Verbod op het gebruik van draagbare niet-explosieveilige apparatuur |  |
| *Het verbod op draagbare niet-explosieveilige apparatuur is opgenomen in de algemene veiligheidsregels van het bedrijf. Een verbod op GSM-gebruik is aangeduid:* |  |
| * + *bij de ingang van het terrein* |  |
| * + *t.h.v. de opslagplaats.* |  |
| Explosieveilige uitvoering van draagbare elektrische toestellen |  |
| *Het betreft draagbare toestellen, zoals:* |  |
| * + *GSM’s* |  |
| * + *toestellen voor radiocommunicatie* |  |
| * + *zaklampen.* |  |
| *Deze toestellen zijn opgenomen in een inspectieprogramma. Er wordt periodiek nagegaan of de toestellen zich nog in goede staat bevinden: geen loszittende batterij, behuizing nog intact, enz.* |  |
| *Indien bepaalde draagbare elektrische toestellen niet explosieveilig kunnen aangekocht worden, dient het risico van een explosie beheerst te worden aan de hand van maatregelen opgenomen in een risicoanalyse en/of door gebruik te maken van draagbare detectie als men met deze apparatuur werkt.* |  |
| Gebruik van vonkvrij gereedschap |  |
| *Als er tijdens werkzaamheden een risico is op het ontstaan van een waterstoflek, dan is vonkvrij gereedschap aangewezen. Voor werken waarbij er geen kans is op een lek, kan er ook met gewoon gereedschap gewerkt worden, mits ment voorziet in waterstofmetingen voor en tijdens de werken, via de werkvergunning.* |  |
| Geen elektrische kabels in goten of kanalen die waterstofhoudende leidingen bevatten met geflensde verbindingen |  |
| *Als leidingen die waterstof bevatten zich in dezelfde goot of hetzelfde kanaal bevinden als elektrische kabels, dan moet de afstand tussen beide minimaal 50 mm bedragen, dienen alle verbindingen in waterstofleidingen zich tot een minimum te beperken en dienen de verbindingen ofwel gelast of gebraseerd te zijn. Als er zich in die goten of kanalen ook andere leidingen bevinden, dan dienen de waterstofleidingen zich altijd boven de andere leidingen te bevinden.* |  |
| Elektrostatische vonken |  |
| Antistatisch schoeisel en kledij |  |
| *Het dragen van antistatisch schoeisel en kledij is verplicht voor eigen personeel en derden die ter hoogte van de opslagplaats of aan het leidingwerk werken uitvoeren waarbij waterstof kan vrijkomen (vb. het openen van leidingen of onderdelen waarin nog waterstof aanwezig is of kan aanwezig zijn.* |  |
| *Er is een verbod op het aantrekken en uittrekken van kledij in de installatie want het risico op elektrostatische vonken doet zich vooral dan voor.* |  |
| Equipotentiaal verbindingen bij tube-trailers/flessenbatterijen |  |
| *Er is een indicatie (bv. door middel van een lamp) of de aarding al dan niet goed is aangebracht.* |  |
| Open vlam |  |
| Plaatsing verbodsborden ‘vuur, open vlam en roken verboden’ |  |
| *Het bord ‘Vuur, open vlam en roken verboden’ is afgebeeld in Boek III, Titel 6 van de Codex over het welzijn op het werk (veiligheids- en gezondheidssignalering).* |  |
| *Wat betreft de locatie van deze borden legt de Codex de volgende voorwaarden op:* |  |
| * + *op passende hoogte en op een passende plaats ten opzichte van het gezichtsveld* |  |
| * + *bij de toegang tot een zone waar het risico door de aanwezigheid van een open vlam bestaat* |  |
| * + *op een goed verlichte en gemakkelijk toegankelijke en zichtbare plaats.* |  |
| Werken met open vlam of gensters onderworpen aan warmwerkvergunning |  |
| *Werkzaamheden met open vlam omvatten onder andere:* |  |
| * + *laswerken* |  |
| * + *snijbranden (d.i. het snijden van metalen met een zuurstoffakkel).* |  |
| *Werkzaamheden waarbij gensters kunnen geproduceerd worden, zijn:* |  |
| * + *snijden en slijpen aan de hand van gereedschappen zoals cirkelzagen en lintzaagmachines* |  |
| * + *slijpen* |  |
| * + *schuren.* |  |
| *Het is een courante praktijk om de warmwerkvergunning ook toe te passen voor werken met gelijk welke niet-explosieveilige, elektrische apparaten in gezoneerde gebieden.* |  |
| *De warmwerkvergunning/vuurvergunning is ondertekend door een preventieadviseur (Boek III, Titel 3, artikel 28 van de Codex over het welzijn op het werk).* |  |
| Veiligheidsafstanden t.o.v. plaatsen met open vlam |  |
| *Zie hiervoor de veiligheidsafstanden opgenomen in verschillende codes (o.a. referenties [6] en [11]) en de wettelijk vereiste minimumafstanden, opgenomen in hoofdstuk 2.* |  |

## Beperken van schade door brand

|  |  |
| --- | --- |
| Uitbreiding van een beginnende brand |  |
| Branddetectie |  |
| *Voor tube-trailers en flessen(batterijen) in open lucht is branddetectie veel zinvoller dan gasdetectie. Omdat de vlam afkomstig van een waterstofbrand nauwelijks zichtbaar is, is branddetectie op basis van infraroodmetingen aangewezen. Vooral wanneer de installatie van op afstand bediend wordt.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats* |  |
| * + *automatische sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor of deze acties worden geactiveerd door een operator aanwezig op een permanent bemande plaats.* |  |
| *Plaatsing meetpunten:* |  |
| * + *rond de mobiele drukhouder* |  |
| * + *op goed gekozen locaties en dicht bij de bron.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test branddetectoren* |  |
| * + *periodieke test van acties gekoppeld aan branddetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Draagbare blusapparaten |  |
| *Draagbare blusapparaten zijn niet geschikt om een gasbrand te bestrijden. Ze kunnen wel gebruikt worden om andere beginnende brandjes te blussen.* |  |
| *Aantal en locatie:* |  |
| * + *goed bereikbaar* |  |
| * + *vastgelegd in overleg met de lokaal bevoegde brandweerdienst. Dit blijkt uit een verslag (opgesteld door de brandweerdienst en/of de onderneming).* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- en onderhoudsprogramma:* |  |
| * *periodieke visuele controle op de aanwezigheid en bereikbaarheid van de blusapparaten* |  |
| * *jaarlijkse grondige inspectie van elk toestel door een deskundig persoon.* |  |
| *Opleiding:* |  |
| * + *Werknemers krijgen een periodieke training in het gebruik van draagbare blusapparaten. De deelname aan deze opleidingen wordt geregistreerd.* |  |
| *Signalisatie:* |  |
| * + *Draagbare blusapparaten zijn rood geverfd en zijn doelmatig gesignaliseerd.* |  |
| Openscheuren van een tube-trailer of flessen(batterij) door externe brand |  |
| Veilige afstand tussen tube-trailers en flessen(batterijen) en potentiële brandhaarden |  |
| *Zie hiervoor de veiligheidsafstanden opgenomen in verschillende codes (o.a. referenties [6] en [11]) en de wettelijk vereiste minimumafstanden, opgenomen in hoofdstuk 2.* |  |
| Periodieke verwijdering van brandbare begroeiing rond de tube-trailer of flessen(batterij) |  |
| Periodieke inspecties op aanwezigheid van brandbare rommel |  |
| Positie ten opzichte van grondniveau |  |
| * *Opslag is gesitueerd op een hoger gelegen niveau dan de opslag van ontvlambare vloeistoffen of vloeibaar gemaakte zuurstof (als de afstand tussen waterstof en de andere categorieën stoffen kleiner is dan 15 m).* |  |
| * *Als de opslag toch gelegen is op een niveau lager dan de nabijgelegen opslag van ontvlambare vloeistoffen of vloeibaar gemaakte zuurstof, dan moeten er beschermingsmaatregelen genomen worden om te vermijden dat gevaarlijke stoffen onder de opslaghouders kunnen stromen (als de afstand tussen waterstof en de andere categorieën stoffen kleiner is dan 15 m).* |  |
| Vast opgestelde watersproeisystemen rond de tube-trailer of flessen(batterij) |  |
| *Een waterstofbrand kan enkel maar veilig gestopt worden door de brand gecontroleerd te laten uitbranden totdat de toevoer van waterstof kan afgesloten worden. Zolang de waterstoftoevoer niet gestopt is, is de kans op heropflakkering van een waterstofbrand groot. Watersproeisystemen zijn nuttig om de waterstofopslag te koelen (zodat het uitstroomdebiet lager is), om secondaire branden te vermijden en om de verdere uitbreiding van de brand te beperken.* |  |
| *Tot de vast opgestelde waterkoelsystemen worden gerekend:* |  |
| * *delugesystemen* |  |
| * *bluswatermonitoren.* |  |
| *Bluswatermonitoren:* |  |
| * + *zijn permanent verbonden met het bluswaternet* |  |
| * + *kunnen het volledige oppervlak bereiken* |  |
| * + *zijn toegankelijk en veilig te bedienen bij brand of zijn vanop afstand te activeren en te richten* |  |
| * + *hebben spuitmonden die aanpasbaar zijn zodat zowel een vloeistofstraal als vloeistofdruppels kunnen gevormd worden* |  |
| * + *hebben een doseerdebiet van grootteorde 8,14 l/min.m2.* |  |
| *Delugesystemen:* |  |
| * + *Het systeem kan geactiveerd worden vanop een veilige locatie.* |  |
| * + *Het systeem kan geactiveerd worden door de aanwezige branddetectie.* |  |
| * + *Het doseerdebiet is bepaald volgens een code van goede praktijk. Het debiet om een vaste drukhouder te kunnen koelen zal zeker 10 l/min.m2 moeten bedragen, wat vrij veel is. Maar er is een hoge koelcapaciteit nodig omdat de temperatuur van een waterstofbrand vrij hoog is en de metalen omhulling van de vaste drukhouder verliest bij hoge temperatuur ook sterkte.* |  |
| *Bluswatertoevoer:* |  |
| * + *De bluswatercapaciteit is bepaald op basis van het zwaarste scenario (vb. koelen van grootste tank + naburige tanks + reservecapaciteit).* |  |
| * + *De bluswatervoorraad is verzekerd door:* |  |
| * *een natuurlijke reserve (kanaal, stroom, e.d.)* |  |
| * *een voldoende groot waterreservoir en een regelmatige controle van de watervoorraad.* |  |
| * + *De bluswatertoevoer is ook verzekerd bij elektriciteitsuitval (vb. dieselaangedreven pompen of een noodgenerator voor elektrisch aangedreven bluswaterpompen).* |  |
| * + *Het bluswaternet is in (een) lus(sen) aangelegd (ringleiding) en voorzien van sectiekranen.* |  |
| * + *Het bluswaternet is beschermd tegen vorst:* |  |
| * *voldoende diep ingegraven* |  |
| * *verwarmd* |  |
| * *droog systeem.* |  |
| * + *Het bluswaternet is beschermd tegen corrosie:* |  |
| * *corrosiebestendige uitvoering* |  |
| * *kathodische bescherming* |  |
| * *beschermende dekkingslaag.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *De vaste blussystemen zijn opgenomen in een inspectie- of onderhoudsprogramma. Dit omvat minstens:* |  |
| * *een live test van de delugesystemen en monitoren (richtfrequentie: jaarlijks)* |  |
| * *een visuele inspectie van de goede staat van de bluswaterleidingen* |  |
| * *een test van de bluswaterpomp(en) (richtfrequentie: maandelijks)* |  |
| * *een inspectie van de tank met bluswater en van het bluswaternet.* |  |
| Ondersteuningen uit onbrandbaar materiaal |  |
| *Er dient wel rekening mee gehouden te worden dat metalen ondersteuningen bij hoge temperatuur ook sterkte verliezen; betonnen ondersteuningen zijn meer aangewezen.* |  |
| Falen van pakkingen in een externe brand |  |
| Brandbestendige flensverbindingen |  |
| *Om kleppen in te bouwen in een leiding kunnen flensverbindingen gebruikt worden. De brandbestendige inbouwwijze van de klep wordt dan verzekerd door een brandbestendige pakking te plaatsen tussen de flenzen van de klep en deze van de leiding.* |  |
| *De enige garantie dat een pakking daadwerkelijk brandbestendig is, wordt geleverd door een testcertificaat. Alhoewel hiervoor geen specifieke norm bestaat, kan een pakking getest worden volgens de principes van de testmethode voor brandbestendige kleppen. In de praktijk zijn er verschillende pakkingen op de markt beschikbaar die een “fire safe”-certificaat hebben volgens de hierboven beschreven normen voor brandbestendige kleppen.* |  |
| *Er bestaat echter een bepaalde manier om kleppen in te bouwen waarbij men geen gebruik maakt van geflensde verbindingen, maar waarbij draadstangen langs de buitenkant van de kleppen lopen. Deze zogenaamde “wafer”-montage wordt hieronder geïllustreerd.* |  |
| *Pages from Vereisten voor een hoog beschermingsniveau voor installaties voor de opslag en verlading van ontvlambare vloeistoffen 1* |  |
| *Het valt te betwijfelen of de draadstangen die zich bij de “wafer”-montage onbeschermd buiten langs de klep bevinden, lang kunnen weerstaan aan een brand. Als niet kan aangetoond worden dat de draadstangen voldoende (minstens een half uur brandweerstand) tegen brand beschermd zijn, dan worden op deze manier ingebouwde kleppen door de Belgische Seveso-inspectiediensten niet als voldoende brandbestendig beschouwd.* |  |
| *Voor informatie over aanvaardbare types pakkingen, zie maatregel 3.* |  |
| Brand in een gebouw met een waterstofsysteem |  |
| Brandweerstand lokaal en gebouw conform regelgeving |  |
| *Volgens artikel 52 van het ARAB worden lokalen met brandbare samengeperste gassen in een hoeveelheid die groter is dan of gelijk is aan 300 l, ingedeeld in groep 1.* |  |

## Beperken van schade door explosies

|  |  |
| --- | --- |
| Zwakke wand in een lokaal |  |
| *In het geval van (een) flessen(batterij) gesitueerd in een apart gebouw, moet minstens één van de buitenmuren geconstrueerd zijn uit een licht materiaal of opgetrokken uit panelen die zich losmaken bij een interne overdruk (normaal gezien kan een gebouw weerstaan aan een overdruk van 50 mbar).* |  |
| *De explosie moet weggeleid worden van een plaats waar personen of andere apparatuur kunnen geraakt worden.* |  |

## Interventie

|  |  |
| --- | --- |
| Interventiestrategie |  |
| *Typische elementen met betrekking tot een waterstoflek en waterstofbrand zijn:* |  |
| * + *Er wordt geprobeerd om het waterstoflek te stoppen, anders ontstaat een risico van herontsteking of explosie.* |  |
| * + *De naburige apparatuur wordt met grote waterhoeveelheden besproeid (voorkeur voor vernevelde waterstraal) om te koelen, te vermijden dat zij in de brand terecht komen en om het risico van herontsteking door contact met naburige hete oppervlakken te vermijden.* |  |
| * + *Als de brand gedoofd is en als de gasstroom voortduurt, wordt de ventilatie verhoogd om te vermijden dat een explosieve atmosfeer kan ontstaan. Men kan een watergordijn gebruiken om ventilatie te creëren.* |  |
| Toegankelijkheid voor interventie en evacuatie |  |
| *Toegangen:* |  |
| * *De toegang tot het bedrijf, de opslaghouders en de verlaadstations is vastgelegd in overleg met de brandweer. De toegang is breed genoeg om interventievoertuigen toe te laten (6 m voor tweerichtingsverkeer of 4 m voor éénrichtingsverkeer).* |  |
| * *Er zijn bij voorkeur minstens twee van elkaar onafhankelijke toegangen tot de site op een zo groot mogelijke onderlinge afstand (om de toegang te verzekeren bij verschillende windrichtingen).* |  |
| * *Er is een vrije hoogte van ten minste 4,20 m (vb. onder pijpenbruggen).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Doorgangen:* |  |
| * *Elke mobiele opslaghouder heeft bij voorkeur één vrije kant die vanop een weg te bereiken is, dus maximaal twee mobiele opslaghouders naast elkaar op een rij.* |  |
| *Aanduiding windrichting:* |  |
| * *bijvoorbeeld windzak of windvaan* |  |
| * *zichtbaar vanaf verlaadinstallatie en opslagplaats* |  |

*.*

# Leidingen

## Constructie van leidingen

|  |  |
| --- | --- |
| Constructie van vaste leidingen uitgevoerd volgens een constructienorm |  |
| *Voor leidingen en toebehoren in gebruik genomen na 29 mei 2002 is een CE-certificaat overeenkomstig de richtlijn drukapparatuur nodig.* |  |
| Constructiedossier van leidingen beschikbaar |  |
| *Het constructiedossier wordt opgesteld bij het ontwerp en de bouw van de leidingen. Ook na eventuele wijzigingen wordt het constructiedossier bijgewerkt, aangepast of vernieuwd. Het dossier vermeldt en/of bevat ten minste:* |  |
| * + *een lijst van de onderdelen (bijvoorbeeld gevormde staalplaten, armaturen voor kleppen en instrumentatie, …) waarmee de leidingen geconstrueerd werden* |  |
| * + *een materiaalcertificaat van de leverancier voor elk onderdeel. Dit certificaat vermeldt de overeenstemming met respectievelijke normen voor constructiematerialen en de mechanische eigenschappen van het onderdeel.* |  |
| * + *de lasverbindingen en de controles die werden uitgevoerd op deze lasverbindingen na uitvoering* |  |
| * + *de EU-conformiteitsverklaring voor leidingen die vallen onder de Europese richtlijnen inzake het op de markt brengen van drukapparatuur* |  |
| * + *de ontwerpgegevens qua druk, temperatuur, e.d. alsook de berekeningen van de vereiste minimale diktes van de omhulling en de gehanteerde corrosietoeslag* |  |
| * + *de resultaten van de uitvoering van de drukweerstandsproef (meestal een waterdruktest)* |  |
| * *een conformiteitsattest van de leidingen en toebehoren* |  |
| * *de gegevens omtrent de ontwerpdrukken van de verschillende onderdelen zoals omhullingen, afsluiters, dichtingen, e.d.* |  |
| Ondergrondse leidingen |  |
| *Om beschadiging van ondergrondse leidingen te vermijden is het volgende voorzien:* |  |
| * + *Ondergrondse leidingen omvatten enkel gelaste verbindingen en zijn geconstrueerd in overeenstemming met een constructiecode. Als het echt niet anders mogelijk is en er toch flensverbindingen dienen gebruikt te worden, dienen inspectieputjes voorzien te worden, zodat de staat van de flensverbindingen kan gecontroleerd worden.* |  |
| * + *Er is een externe coating als bescherming tegen corrosieve omstandigheden in de grond en kathodische bescherming voorzien.* |  |
| * + *De leidingen zijn voldoende diep ingegraven om ze te beschermen tegen vorst, tegen tijdelijke bovengrondse belastingen, en tegen verplaatsing door onstabiele grond.* |  |
| * + *Elektrische geleidbaarheid tussen bovengrondse en ondergrondse leidingen wordt vermeden.* |  |
| Flensverbindingen en pakkingen |  |
| *Bij voorkeur dient er gekozen te worden voor gelaste verbindingen. In leidingen die aansluiten op flessenbatterijen, komen conische schroefdraadverbindingen ook voor (bijvoorbeeld volgens NPT (National Pipe Tapered thread) of volgens BSPT (British Standard Pipe Thread)).* |  |
| *Indien in de praktijk enkel gebruik gemaakt kan worden van flensverbindingen is het belangrijk dat de lekdichtheid zoveel mogelijk gegarandeerd is. Daarom wordt het gebruik van flenzen met een verhoogde prent (“raised face flange”), tong-en-groef flenzen of flenzen waarbij ringvormige pakkingen gebruikt worden (“ring joint flange”) aanbevolen.* |  |
| *De gebruikte pakkingen dienen geschikt te zijn voor de aanwezige temperaturen en drukken, geschikt voor contact met waterstof, over de nodige lekweerstand te beschikken en brandbestendig te zijn. Daarom wordt het gebruik van de volgende pakkingen aanbevolen:* |  |
| * + *composiet pakkingen met grafiet als basismateriaal kunnen gebruikt worden bij lage drukken* |  |
| * + *zachte metalen ringen zijn aangewezen bij “ring-joint”-flenzen* |  |
| * + *spiraal gewonden pakkingen gevuld met teflon of grafiet bij flenzen met een verhoogde prent* |  |
| * + *koperen ring bij “ring-joint”-flenzen.* |  |
| *Bij de keuze van de flensverbindingen en pakkingen dient men ermee rekening te houden dat de meeste kunststoffen en bepaalde metalen diffuus zijn voor waterstof, waardoor waterstof erin kan migreren of er zelfs kan uit ontsnappen.* |  |
| *Om waterstoflekken te vermijden wordt soms het gebruik van flensbeschermers aanbevolen. Flensbeschermers hebben echter ook het nadeel dat indien er een klein waterstoflek is, de waterstof zich onder de flensbeschermer kan ophopen. Ter hoogte van flensbeschermers is er ook een verhoogde kans op corrosie (omwille van mogelijke vochtintrede). Omdat waterstoflekken ter hoogte van flenzen meestal kleine lekken zijn, zijn voor toepassingen in open lucht flensbeschermers niet te verkiezen. Indien er zich ter hoogte van een flensverbinding een groot lek zou voordoen, dan zal men het uitstromen van de waterstof ook auditief waarnemen.* |  |

## Signalisatie

|  |  |
| --- | --- |
| Signalisatie van leidingen |  |
| *Aanduiding van:* |  |
| * + *stroomrichting* |  |
| * + *aanwezige stof: waterstof.* |  |
| *Deze signalisatie is aangebracht op oordeelkundig gekozen plaatsen, zoals ter hoogte van kleppen, pompen en op lange stukken leiding.* |  |

## Beheersen van degradatie

|  |  |
| --- | --- |
| Waterstofverbrossing |  |
| Omhulling uit corrosiebestendig materiaal |  |
| *Maatregelen om de risico’s op waterstofbrosheid te vermijden:* |  |
| * + *Gietijzer is niet geschikt als constructiemateriaal omdat dit permeabel is voor waterstof. Ijzerhoudende constructiematerialen met een hoge vloeispanning kunnen aanleiding geven tot waterstofverbrossing.* |  |
| * + *De weerstand van staal tegen waterstofbrosheid wordt verhoogd door toevoeging van geschikte legeringselementen (vb. CrMo staal).* |  |
| * + *Indien in de waterstof verontreinigingen met ammoniak aanwezig zijn (vb. omwille van processtoringen bij de gebruiker), is het gebruik van koper of koper/zink houdende materialen in leidingen en fittings niet aangewezen omdat deze materialen aangetast worden door ammoniak.* |  |
| * + *Door warmte beïnvloede (heat affected) zones rond lasnaden zijn gevoeliger aan waterstofbrosheid dan het basismateriaal zelf. Om dit te vermijden kan geopteerd worden voor thermische nabehandeling na het lassen.* |  |
| Atmosferische corrosie van leidingen |  |
| Omhulling uit corrosiebestendig materiaal |  |
| *Waterstofleidingen in installaties zijn vaak gemaakt uit roestvaststaal. Voor deze leidingen is een beschermende verflaag niet nodig.* |  |
| *Pijpleidingen die waterstof transporteren zijn meestal gemaakt uit koolstofstaal, waarvoor een beschermende verflaag wel nodig is.* |  |
| *Leidingen en pijpleidingen die waterstof bevatten zijn normaal gezien niet voorzien van isolatie.* |  |
| Regelmatige controlerondes |  |
| *Deze controlerondes worden geregistreerd. Een formulier geeft aan welke plaatsen en welke items gecontroleerd worden (vb. de staat van de verflaag).* |  |
| *Omdat waterstof meer gevoelig is aan lekken dan andere gassen is het belangrijk om periodiek controlerondes te lopen langs de waterstofleidingen m.b.v. een waterstofdetector. Er wordt aangeraden om pijpleidingen 1 tot 4 keer per jaar, afhankelijk van de bevolkingsdichtheid, op deze manier te controleren. Er dient hierbij extra aandacht besteed te worden aan flensverbindingen, kleppen en “compressed fittings”.* |  |
| Inspectie van bovengrondse leidingen |  |
| *De onderneming beschikt over een inspectieverslag waaruit blijkt dat:* |  |
| * + *een onderzoek werd gevoerd naar de goede staat van de leidingen* |  |
| * + *diktemetingen werden uitgevoerd (in functie van de risico’s)* |  |
| * + *de resultaten van de diktemetingen werden vergeleken met de minimaal vereiste wanddikte* |  |
| * + *de leidingen geschikt zijn voor gebruik* |  |
| * + *de uiterste datum voor de volgende inspectie nog niet verstreken is.* |  |
| *De noodzaak om diktemetingen uit te voeren wordt door de onderneming geëvalueerd in functie van de risico’s van corrosie en erosie.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Corrosie van ondergrondse leidingen |  |
| Elektrische isolatie van ondergrondse leidingen |  |
| *Corrosie kan vermeden worden door het elektrisch isoleren van de leiding met de bodem. Directe elektrische isolatie wordt bekomen door de leiding te voorzien van een externe coating. Indirecte elektrische isolatie wordt bekomen door isoleerflenzen te voorzien waar de ondergrondse leiding aansluit op een bovengrondse leiding.* |  |
| Kathodische bescherming van ondergrondse leidingen |  |
| *De goede werking van de kathodische bescherming wordt periodiek gecontroleerd.* |  |
| *De onderneming beschikt over een inspectieverslag waaruit blijkt dat de kathodische bescherming voldoende bescherming biedt.* |  |
| Aanvullende inspecties op ondergrondse leidingen |  |
| *Aanvullende inspecties op ondergrondse leidingen worden om de 5 tot 10 jaar uitgevoerd om de goede staat van de coating op te volgen. Indien de coating beschadigd is, kan dit de effectiviteit van de kathodische bescherming reduceren.* |  |
| Elektrostatische vonken |  |
| Elektrische geleidbaarheid van leidingen die waterstof bevatten |  |
| *Er dient op gelet te worden dat alle bovengrondse leidingen die waterstof bevatten, over alle verbindingen heen, elektrisch geleidend zijn en op geschikte intervallen geaard zijn. Deze werkwijze beschermt de leidingen en hun inhoud tegen de effecten van bliksem en statische elektriciteit.* |  |
| *De elektrische weerstand van de pijpleiding mag niet meer bedragen dan 10 ohm om personeel te beschermen tegen elektrische schokken.* |  |
| *Flensverbindingen zijn normaal gezien voldoende elektrisch geleidend zolang de bouten niet gecoat zijn met een diëlektrisch materiaal of geschilderd of verroest zijn.* |  |
| *Voldoende elektrische geleiding tussen 2 flensverbindingen kan ook gerealiseerd worden door de flenzen via een geleidende lus met elkaar te verbinden of door gebruik te maken van pakkingen (vb. stalen spiraal gewonden pakkingen) die voldoende geleidend zijn.* |  |

# Losplaatsen voor gasvormige waterstof bij waterstofgebruikers

Bij het lossen van gasvormige waterstof bij waterstofgebruikers, wordt (meestal) geen gebruik gemaakt van een compressor. Tijdens de losoperatie wordt een evenwichtsdruk bereikt tussen het waterstofsysteem van de leverancier en het waterstofsysteem van de gebruiker.

## Toegangscontrole

|  |  |
| --- | --- |
| Toegangscontrole voor chauffeurs |  |
| *Toegangscontrole houdt in dat men zich ofwel steeds fysiek aanmeldt bij de betreding van het bedrijfsterrein, ofwel dat men gebruik maakt van een persoonlijke toegangsbadge* |  |
| Opleiding chauffeurs (i.f.v. de verwachte handelingen) |  |
| *Indien de chauffeur verondersteld wordt zelf de verlading uit te voeren of hierbij te helpen:* |  |
| * *krijgt hij daaromtrent een specifieke opleiding* |  |
| * + *hangen de instructies voor het verladen ter plaatse uit.* |  |
| *Deze opleiding omvat minstens:* |  |
| * + *hoe de installatie te bedienen* |  |
| * *wat te doen bij een noodsituatie* |  |
| * *de algemene veiligheidsregels op het bedrijf.* |  |
| *De opleiding wordt met een zekere frequentie herhaald (deze opleiding kan met dezelfde frequentie gegeven worden als deze voor het ADR-rijbewijs waarvoor de geldigheidsduur momenteel 5 jaar bedraagt).* |  |

## Beheersen van processtoringen

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  | | --- | | Beweging van aangekoppelde tube-trailer tijdens lossing naar vaste houder |   Chauffeurs verplicht handrem te gebruiken |  |
| *Het verplicht gebruik van de handrem is opgenomen in de verlaadinstructie van de tube-trailer.* |  |
| *Het optrekken van de handrem kan echter niet gecontroleerd worden zonder de cabine van de vrachtwagen te betreden.* |  |
| Wielkeggen |  |
| *Het gebruik van wielkeggen is een andere (aanvullende) manier om de tube-trailer te immobiliseren, en die wel éénvoudig controleerbaar is.* |  |
| Interlock tussen remsysteem trailer en kast met aansluitingen |  |
| *Sommige (meer recente) tube-trailers worden uitgerust met een systeem dat automatisch de remmen activeert als de tube-trailer aangekoppeld is.* |  |
| *Er is een interlock die het remsysteem van de tube-trailer en de kast met aansluitingen koppelt en die geactiveerd wordt door de chauffeur/operator wanneer deze toegang wil hebben tot de verladingsverbindingen.* |  |
| *De interlock:* |  |
| * + *blokkeert het openen van de deuren van de kast met leidingen en/of* |  |
| * + *blokkeert de toegang tot de verladingsverbindingen en/of* |  |
| * + *wordt geactiveerd indien de deuren van de verladingskast (op de tube-trailer) open zijn.* |  |
| *De interlock activeert de remmen of verhindert dat de remmen losgelaten worden zolang de verladingsverbindingen aanwezig zijn. Op het einde van de operatie moet de chauffeur/operator eerst de flexibel ontkoppelen voordat de interlock kan gedeactiveerd worden. Het deactiveren van de interlock laat de remmen los, of laat toe dat de remmen losgelaten worden om de tube-trailer te laten vertrekken.* |  |
| Interlock tussen een bareel voor de vrachtwagen (tube-trailer) en het gebruik van de losflexibel |  |
| *Deze maatregel is een alternatief voor een interlock tussen het remsysteem van de trailer en de kast met aansluitingen.* |  |
| *Deze bareel wordt geactiveerd door een speciale onderbreker, geplaatst op de ondersteuning van de laadflexibel. Vanaf het moment dat de flexibel verwijderd wordt van zijn steunpunt, sluit de bareel automatisch.* |  |
| Loskoppelen van gevulde flexibels |  |
| Leegmaken van de tijdelijke verbinding vóór het loskoppelen |  |
| *Het leegblazen van de verladingsverbinding is opgenomen in de verladingsinstructie. De verladingsverbinding wordt nooit leeggeblazen met perslucht om de vorming van een explosieve atmosfeer in de leiding te vermijden* |  |

*.*

## Beheersen van degradatie

|  |  |
| --- | --- |
| Vermoeiing door drukcycli |  |
| Uitvoering van een vermoeiingsanalyse |  |
| *Een vermoeiingsanalyse werd uitgevoerd rekening houdende met drukcycli waaraan de flexibel tijdens de exploitatie wordt onderworpen* |  |
| *Voor toepassingen waarbij flexibels vaak gebruikt worden, kan men het aantal drukcycli beperken door de flexibels periodiek te vervangen (volgens de richtlijnen van de leverancier). Voor toepassingen waarbij flexibels niet vaak gebruikt worden kan men het aantal drukcycli bijhouden, waardoor de termijnen voor vervanging van de flexibels kunnen verlengd worden.* |  |
| Slijtage van flexibels door gebruik en opslag |  |
| Voorziening om de flexibels proper en veilig op te bergen |  |
| *Het gebruik van de opbergvoorziening is opgenomen in de verladingsinstructie.* |  |
| Flexibels ondersteund volgens de richtlijnen van de fabrikant |  |
| *Eén van de criteria is de minimale straal van een bocht waarin de flexibel mag geplooid worden. Als de flexibel geplooid wordt in een kleinere bocht, dan kan beschadiging optreden. Flexibels die men laat hangen zonder of met onaangepaste ondersteuning kunnen te sterk geplooid worden.* |  |
| *Ook kan het gewicht van de gevulde flexibel te groot zijn om deze vrij te laten doorhangen.* |  |
| *In dergelijke gevallen is dus een aangepaste ondersteuning nodig. De fabrikant van de flexibel moet hiervoor richtlijnen geven in zijn handleiding.* |  |
| Visuele inspectie voor ieder gebruik |  |
| *De verplichting tot het uitvoeren van een visuele inspectie vóór ieder gebruik is opgenomen in de verladingsinstructie.* |  |
| Lektest voor elk gebruik |  |
| *Ter hoogte van losplaatsen bij gebruikers wordt door de chauffeurs meestal een lektest uitgevoerd door een soort zeepoplossing op de flexibel te spuiten en te kijken of hierbij gasbelletjes gevormd worden.* |  |
| *De uitvoering van de lektest op de flexibel is opgenomen in de verladingsinstructie.* |  |
| Periodieke drukproef van flexibels |  |
| *De drukproeven gebeuren minstens op de nominale werkingsdruk van de flexibels. De drukproeven gebeuren volgens de richtlijnen van de fabrikant. Deze richtlijnen zijn (normaliter) opgenomen in de handleiding die de fabrikant bij de flexibel moet mee leveren. Een gebruikelijke frequentie voor het testen van flexibels is eenmaal per jaar.* |  |
| *De inspectie van flexibels omvat ook de controle van de geleidbaarheid. Er zijn attesten van de uitvoering van de inspecties.* |  |
| *Als flexibels van een derde gebruikt worden, worden met de derde afspraken gemaakt, zodat de attesten van de meest recente inspecties steeds ter beschikking zijn. Er gebeuren hierop steekproefsgewijze controles.* |  |
| Preventief vervangprogramma |  |
| *Een alternatieve maatregel voor een preventief vervangprogramma is een programma voor het periodiek uitvoeren van drukproeven.* |  |
| *Er is een vervangprogramma voor flexibels (in functie van het gebruik en de voorschriften van de fabrikant).* |  |
| *De periodiciteit wordt bepaald door het aantal cycli.* |  |

## Beperken van accidentele lekken

|  |  |
| --- | --- |
| Vrijkomen van de inhoud van een tube-trailer bij breuk of lek aan losflexibel tijdens vullen van de vaste opslaghouder |  |
| Als de waterstofgebruiker werkt met een vaste drukhouder of een buffervat, dan is ter hoogte van de losplaats meestal een laadpaal voorzien. Van de tube-trailer zorgt een flexibel voor de verbinding met de laadpaal. Vanaf de laadpaal wordt door middel van een vaste leiding een verbinding gemaakt met de vaste drukhouder of het buffervat. |  |
| Permanent toezicht ter plaatse |  |
| *Tijdens de verlading blijft iemand aanwezig op de laad- of losplaats. Deze persoon is in staat in te grijpen in geval van een incident (zoals een noodstop activeren en alarm slaan). Hij heeft daartoe de nodige toelichting gekregen en is vertrouwd met de installatie.* |  |
| *Het lossen van een tube-trailer, waarbij tijdens de verlading een evenwichtsdruk ingesteld wordt tussen de tube-trailer en de vaste drukhouder of het buffervat, duurt ongeveer een half uur.* |  |
| Noodstoppen voor tube-trailer verlading |  |
| *Bij activatie van een noodstop van de verlaadpost:* |  |
| * + *wordt de vaste installatie afgesloten door middel van een op afstand gestuurde klep nabij de aansluiting van de flexibel met de vaste installatie.* |  |
| * + *wordt de tube-trailer afgesloten:* |  |
| * + - *door de automatische afsluitklep op de tube-trailer. Dit veronderstelt een koppeling van de noodstop van de vaste installatie met de tube-trailer, anders werkt deze noodstop niet.* |  |
| * + - *of door een van op afstand gestuurde afsluiter die op de flexibel is aangebracht nabij de aansluiting met de tube-trailer.* |  |
| * + *wordt een alarm gegeven naar een bemande post (een plaats waar permanent een persoon aanwezig is die kan ingrijpen (vb. in de controlekamer); de gepaste respons is opgenomen in een instructie).* |  |
| *Plaatsing van de noodstopknoppen:* |  |
| * + *De noodstopknoppen zijn strategisch geplaatst op de vluchtwegen van de verlaadplaats.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De noodstoppen worden periodiek functioneel getest. Deze testen worden geregistreerd.* |  |
| *Activatie van de noodstop op de tube-trailer:* |  |
| * + *Op de tube-trailers zelf zijn ook altijd 2 noodstoppen geplaatst: een noodstop aan de kant waar de aankoppeling met de vaste installatie gebeurt en een noodstop aan de andere kant van de tube-trailer. Het indrukken van deze noodstoppen isoleert de tube-trailer van de vaste installatie.* |  |

## Voorkomen van ontstekingsbronnen

|  |  |
| --- | --- |
| Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer |  |
| Doorblazen van de flexibels |  |
| *Bij iedere vulling van een opslaghouder bij de gebruiker is het noodzakelijk om eerst alle lucht te verdrijven uit de aansluitflexibel.* |  |
| Elektrostatische ontladingen bij de verlading |  |
| Equipotentiaalverbinding |  |
| *De tube-trailer en de vaste installatie (inclusief reservoirs, bijhorende “tubing” en andere toebehoren) moeten op equipotentiaal gebracht worden. De weerstand van deze equipotentiaalverbinding bedraagt maximaal 10 Ω.* |  |
| *De verplichte plaatsing van de equipotentiaalverbinding kan op volgende manieren geborgd zijn:* |  |
| * *een aanduiding (vb. lichtsignaal) dat de aarding geborgd is* |  |
| * *OF een vergrendeling die verhindert dat de verlading start zolang de weerstand van de equipotentiaalverbinding te hoog is. Bij de meeste waterstofgebruikers is er geen vergrendeling voorzien als startvoorwaarde om de lossing te kunnen starten.* |  |
| * *EN de plaatsing van de equipotentiaalverbinding is opgenomen in de verladingsinstructie.* |  |
| *De equipotentiaalverbindingen, de goede werking van de vergrendeling en/of de indicatie van een goede equipotentiaalverbinding worden periodiek getest volgens een inspectieprogramma. De solide bevestiging van de vaste equipotentiaalverbindingen wordt periodiek gecontroleerd tijdens controlerondes.* |  |
| Verlaadslangen zijn voldoende geleidend |  |
| *Door de stroming van gasvormige waterstof door de verlaadslang zullen er op deze slang elektrische ladingen worden afgezet. Als deze ladingen kunnen accumuleren, raakt de slang elektrostatisch opgeladen en kan er bij ontlading een vonk optreden.* |  |
| *Daarom is het nodig dat de verlaadslang voldoende geleidend is. De weerstand van deze slang bedraagt ten hoogste 106 Ω/m. De ladingen zullen in principe worden afgevoerd via de massa waarmee de verlaadslang verbonden is.* |  |
| *De weerstand van de verlaadslangen wordt periodiek gecontroleerd.* |  |
| Vonken van elektrische apparatuur |  |
| Explosieveilige uitvoering van de elektrische installatie ter hoogte van de verlaadpost |  |
| *Waterstof is een zeer licht ontvlambaar gas met een zeer lage minimale ontstekingsenergie (0,02 mJ). Een tiende van de energie van een ontlading van statische elektriciteit, een boog of een vonk volstaat om waterstof te ontsteken. Omwille van de lage ontstekingsenergie wordt waterstof voor de zonering ingedeeld als een gas van de groep IIC (wat ook kan is een beschermingswijze geschikt voor de groep IIB + waterstof, bijvoorbeeld mogelijk voor heftrucks en walkietalkies), temperatuursklasse T1 (zelfontstekingstemperatuur van waterstof is 570°C).* |  |
| *De verlaadposten maken het voorwerp uit van een zoneringsdossier en een explosieveiligheidsdocument.* |  |
| *De onderneming beschikt over een attest van gelijkvormigheidsonderzoek door een erkend organisme, uitgevoerd vóór de eerste indienststelling van de elektrische installatie of van belangrijke wijzigingen of belangrijke uitbreidingen.* |  |
| *Deze eis is opgenomen in artikel 270 van het “AREI 1981” (geldig vanaf de invoering in 1981 tot en met 31/05/2020) en in Boek I, hoofdstuk 6.4 van het “AREI 2020” (geldig vanaf 1/6/2020).* |  |
| *Welke ook de constructiedatum van de installatie is, de laagspanningsinstallatie wordt:* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor verplaatsbare, mobiele of tijdelijke elektrische installaties (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor de elektrische installaties in ontploffingsgevaarlijke zones (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *vijfjaarlijks gekeurd voor de andere elektrische installaties.* |  |
| *Deze termijnen kunnen nog verkort worden indien zo vermeld in de milieuvergunning of in het laatste keuringsverslag.* |  |
| *Indien er in het verslag van de periodieke controle inbreuken vermeld zijn, toont de exploitant aan dat de nodige herstellingen of aanpassingen correct werden uitgevoerd (of dat de uitvoering hiervan gepland is).* |  |
| *De zones waar een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn worden voorzien van een waarschuwingsbord waarop dit vermeld staat (driehoekig, zwarte letters “EX“ op een gele achtergrond).* |  |
| Verbod op het gebruik van draagbare niet-explosieveilige apparatuur |  |
| *Het verbod op draagbare niet-explosieveilige apparatuur is opgenomen in algemene veiligheidsregels van het bedrijf. Een verbod op GSM-gebruik is aangeduid:* |  |
| * + *bij de ingang van het terrein* |  |
| * + *t.h.v. het verlaadstation.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Explosieveilige uitvoering van draagbare elektrische toestellen |  |
| *Het betreft draagbare toestellen, zoals:* |  |
| * + *GSM’s* |  |
| * + *toestellen voor radiocommunicatie* |  |
| * + *zaklampen.* |  |
| *Deze toestellen zijn opgenomen in een inspectieprogramma. Er wordt periodiek nagegaan of de toestellen zich nog in goede staat bevinden: geen loszittende batterij, behuizing nog intact, enz.* |  |
| *Indien bepaalde draagbare elektrische toestellen niet explosieveilig kunnen aangekocht worden, dient het risico van een explosie beheerst te worden aan de hand van maatregelen opgenomen in een risicoanalyse en/of door gebruik te maken van draagbare detectie als men met deze apparatuur werkt.* |  |
| Gebruik van vonkvrij gereedschap |  |
| *Als er tijdens werkzaamheden een risico is op het ontstaan van een waterstoflek, dan is vonkvrij gereedschap aangewezen. Voor werken waarbij er geen kans is op een lek, kan er ook met gewoon gereedschap gewerkt worden, mits ment voorziet in waterstofmetingen voor en tijdens de werken, via de werkvergunning.* |  |
| *Tegenwoordig worden de afsluitkranen op de tube-trailers handvast gezet, waardoor het gebruik van vonkvrij gereedschap niet nodig is.* |  |
| Geen elektrische kabels in goten of kanalen met waterstofhoudende leidingen met geflensde verbindingen |  |
| *Als leidingen die waterstof bevatten zich in dezelfde goot of hetzelfde kanaal bevinden als elektrische kabels, dan moet de afstand tussen beide minimaal 50 mm bedragen, dienen alle verbindingen in waterstofleidingen zich tot een minimum te beperken en dienen de verbindingen ofwel gelast of gebraseerd te zijn. Als er zich in die goten of kanalen ook andere leidingen bevinden, dan dienen de waterstofleidingen zich altijd boven de andere leidingen te bevinden.* |  |
| Elektrostatische vonken door kledij |  |
| Antistatisch schoeisel en kledij voor de losoperatoren |  |
| *Het dragen van antistatisch schoeisel en antistatische kledij is verplicht voor eigen personeel en voor derden die de lossing van tube-trailers uitvoeren.* |  |
| *Er is een verbod op het aantrekken en uittrekken van kledij in de installatie, want het risico op elektrostatische vonken doet zich vooral dan voor.* |  |
| Open vlam |  |
| Plaatsing verbodsborden ‘vuur, open vlam en roken verboden’ |  |
| *Het bord ‘Vuur, open vlam en roken verboden’ is afgebeeld in Boek III, Titel 6 van de Codex over het welzijn op het werk (veiligheids- en gezondheidssignalering).* |  |
| *Wat betreft de locatie van deze borden legt de Codex de volgende voorwaarden op:* |  |
| * + *op passende hoogte en op een passende plaats ten opzichte van het gezichtsveld* |  |
| * + *bij de toegang tot een zone waar het risico door de aanwezigheid van een open vlam bestaat* |  |
| * + *op een goed verlichte en gemakkelijk toegankelijke en zichtbare plaats.* |  |
| Werken met open vlam of gensters onderworpen aan warmwerkvergunning |  |
| *Werkzaamheden met open vlam omvatten onder andere:* |  |
| * + *laswerken* |  |
| * + *snijbranden (d.i. het snijden van metalen met een zuurstoffakkel).* |  |
| *Werkzaamheden waarbij gensters kunnen geproduceerd worden, zijn:* |  |
| * + *snijden en slijpen aan de hand van gereedschappen zoals cirkelzagen en lintzaagmachines* |  |
| * + *slijpen* |  |
| * + *schuren.* |  |
| *Het is een courante praktijk om de warmwerkvergunning ook toe te passen voor werken met gelijk welke niet-explosieveilige, elektrische apparaten in gezoneerde gebieden.* |  |
| *De warmwerkvergunning/vuurvergunning is ondertekend door een preventieadviseur (Boek III, Titel 3, artikel 28 van de Codex over het welzijn op het werk).* |  |
| Veiligheidsafstanden t.o.v. plaatsen met open vlam |  |
| *Zie hiervoor de veiligheidsafstanden opgenomen in verschillende codes (o.a. referenties [6] en [11]) en de wettelijk vereiste minimumafstanden, opgenomen in hoofdstuk 2.* |  |

## 

## Beperken van schade door brand

|  |  |
| --- | --- |
| Uitbreiding van een beginnende brand |  |
| Branddetectie |  |
| *Voor losplaatsen in open lucht is branddetectie veel zinvoller dan gasdetectie. Omdat de vlam afkomstig van een waterstofbrand nauwelijks zichtbaar is, is branddetectie op basis van infraroodmetingen aangewezen.* |  |
| *Vooral wanneer de installatie van op afstand bediend wordt.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats* |  |
| * + *automatische sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor of deze acties worden geactiveerd door een operator aanwezig op een permanent bemande plaats.* |  |
| *Plaatsing meetpunten:* |  |
| * + *rond de tube-trailer* |  |
| * + *op goed gekozen locaties en dicht bij de bron.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test branddetectoren* |  |
| * + *periodieke test van acties gekoppeld aan branddetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Draagbare blusapparaten ter hoogte van de losplaatsen |  |
| *Draagbare blusapparaten zijn niet geschikt om een gasbrand te bestrijden. Ze kunnen wel gebruikt worden om andere beginnende brandjes te blussen.* |  |
| *Aantal en locatie:* |  |
| * + *goed bereikbaar* |  |
| * + *vastgelegd in overleg met de lokaal bevoegde brandweerdienst. Dit blijkt uit een verslag (opgesteld door de brandweerdienst en/of de onderneming).* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *de draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- en onderhoudsprogramma:* |  |
| * *periodieke visuele controle op de aanwezigheid en bereikbaarheid van de blusapparaten* |  |
| * *jaarlijkse grondige inspectie van elk toestel door een deskundig persoon.* |  |
| *Opleiding:* |  |
| * + *Werknemers krijgen een periodieke training in het gebruik van draagbare blusapparaten. De deelname aan deze opleidingen wordt geregistreerd.* |  |
|  |  |
| *Signalisatie:* |  |
| * + *Draagbare blusapparaten zijn rood geverfd en zijn doelmatig gesignaliseerd.* |  |
| Periodieke inspecties op aanwezigheid van brandbare rommel |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Falen van pakkingen in een externe brand |  |
| Brandbestendige flensverbindingen |  |
| *Om kleppen in te bouwen in een leiding kunnen flensverbindingen gebruikt worden. De brandbestendige inbouwwijze van de klep wordt dan verzekerd door een brandbestendige pakking te plaatsen tussen de flenzen van de klep en deze van de leiding.* |  |
| *De enige garantie dat een pakking daadwerkelijk brandbestendig is, wordt geleverd door een testcertificaat. Alhoewel hiervoor geen specifieke norm bestaat, kan een pakking getest worden volgens de principes van de testmethode voor brandbestendige kleppen. In de praktijk zijn er verschillende pakkingen op de markt beschikbaar die een “fire safe”-certificaat hebben volgens de hierboven beschreven normen voor brandbestendige kleppen.* |  |
| *Er bestaat echter een bepaalde manier om kleppen in te bouwen waarbij men geen gebruik maakt van geflensde verbindingen, maar waarbij draadstangen langs de buitenkant van de kleppen lopen. Deze zogenaamde “wafer”-montage wordt hieronder geïllustreerd.* |  |
| *Pages from Vereisten voor een hoog beschermingsniveau voor installaties voor de opslag en verlading van ontvlambare vloeistoffen 1* |  |
| *Het valt te betwijfelen of de draadstangen die zich bij de “wafer”-montage onbeschermd buiten langs de klep bevinden, lang kunnen weerstaan aan een brand. Als niet kan aangetoond worden dat de draadstangen voldoende (minstens een half uur brandweerstand) tegen brand beschermd zijn, dan worden op deze manier ingebouwde kleppen door de Belgische Seveso-inspectiediensten niet als voldoende brandbestendig beschouwd.* |  |
| *Voor informatie over aanvaardbare types pakkingen, zie maatregel 3.* |  |
| Brandwonden bij personeel |  |
| Brandvertragende kledij voor de losoperatoren |  |
| *Brandvertragende werkkleding biedt de drager bescherming tegen vuur en hittestraling.* |  |
| *Dergelijke kledij maakt het voorwerp uit van de norm NBN EN ISO 11612 “Beschermende kleding - Kleding voor bescherming tegen hitte en vlammen”.* |  |

# Vulstations voor flessen(batterijen)

## Signalisatie

|  |  |
| --- | --- |
| Signalisatie van de aansluitingspunten voor flessen(batterijen) |  |
| *Aanduiding van:* |  |
| * + *het product dat er wordt gevuld (gasvormige waterstof)* |  |
| * + *de stand van de klep (open of dicht)* |  |
| * + *de stroomrichting.* |  |
| *Instructies voor het vullen hangen ter plaatse uit.* |  |

## Toegangscontrole

|  |  |
| --- | --- |
| Toegangscontrole voor chauffeurs |  |
| *Toegangscontrole houdt in dat men zich ofwel steeds fysiek aanmeldt bij de betreding van het bedrijfsterrein ofwel dat men gebruik maakt van een persoonlijke toegangsbadge.* |  |
| Opleiding chauffeurs (i.f.v. de verwachte handelingen) |  |
| *Indien de chauffeur verondersteld wordt zelf de verlading uit te voeren of hierbij te helpen:* |  |
| * *krijgt hij daaromtrent een specifieke opleiding* |  |
| * *hangen de instructies voor het verladen ter plaatse uit.* |  |
| *Deze opleiding omvat minstens:* |  |
| * + *hoe de installatie te bedienen* |  |
| * + *wat te doen bij een noodsituatie* |  |
| * + *de algemene veiligheidsregels op het bedrijf.* |  |
| *De opleiding wordt met een zekere frequentie herhaald (deze opleiding kan met dezelfde frequentie gegeven worden als deze voor het ADR-rijbewijs waarvoor de geldigheidsduur momenteel 5 jaar bedraagt).* |  |

## Beheersen van processtoringen

|  |  |
| --- | --- |
| Overvulling van de waterstofflessen |  |
| De waterstoffles is zo ontworpen dat deze weerstaat aan de maximale compressordruk |  |
| Meten van de druk in de voedingslijn met alarm bij hoge druk |  |
| *Het alarmsignaal wordt gegeven op een plaats waar werknemers aanwezig zijn. Het alarmniveau is zo bepaald dat men nog over voldoende tijd beschikt om te reageren.* |  |
| *Hoe men moet reageren is beschreven in een instructie.* |  |
| Loskoppelen van gevulde flexibels |  |
| Leegmaken van de tijdelijke verbinding vóór het ontkoppelen |  |
| *Dit veronderstelt de aanwezigheid van een klep verbonden met de open lucht om de tijdelijke verbinding leeg te drukken. Een manometer laat toe vast te stellen wanneer de verbinding drukloos is.* |  |
| *Voor het leegdrukken van de flexibel wordt gebruik gemaakt van een inert gas.* |  |
| *Het leegblazen of leegzuigen van de vulverbinding is opgenomen in de vulinstructie.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Afsluitkraan op flessenhals |  |
| Nazicht van dichtheid na het vullen |  |
| *Deze controle is opgenomen in de vulprocedure.* |  |
| Vullen van waterstof met te hoog zuurstofgehalte |  |
| Zuurstofanalyse of zuurstofmeting |  |
| *Als er geen zuurstofanalyse voorzien is ter hoogte van de compressor, is een zuurstofmeting ter hoogte van de hoofdtoevoer naar de vulinstallatie aangewezen.* |  |
| Overdruk in het vacuümsysteem |  |
| Drukontlastingssysteem (breekplaat) beschermt vacuümsysteem |  |
| *Bij het vullen van flessen is het soms noodzakelijk dat de residuele druk in de fles afgelaten wordt voordat de fles opnieuw gevuld kan worden. Normaal gezien wordt er dan druk afgelaten (purgeren) tot net boven atmosferische druk, om te verhinderen dat de inhoud van de fles atmosferisch gecontamineerd wordt (zuurstof, vocht).* |  |
| *In bepaalde gevallen, vooral indien hoge kwaliteitsvereisten voorzien zijn voor het product, is het noodzakelijk om alle resterende gassen uit de fles te verwijderen aan de hand van een vacuümsysteem. Indien er gebruik gemaakt wordt van een vacuümsysteem, is het noodzakelijk om een geschikt drukontlastingssysteem te voorzien om het vacuümsysteem te beschermen tegen de overdruk in het vullingssysteem van de flessen.* |  |

## Beheersen van degradatie

|  |  |
| --- | --- |
| Slijtage van flexibels door gebruik en opslag |  |
| Voorziening om de flexibels proper en veilig op te bergen |  |
| *Het gebruik van de opbergvoorziening is opgenomen in de vulinstructie.* |  |
| Visuele inspectie voor ieder gebruik |  |
| *De verplichting tot het uitvoeren van een visuele inspectie vóór ieder gebruik is opgenomen in de vulinstructie.* |  |
| Lektest van de flexibel voor ieder gebruik |  |
| Periodieke drukproef van flexibels |  |
| *De periodieke drukproeven gebeuren minstens op de nominale werkingsdruk van de flexibels. De periodieke drukproeven gebeuren volgens de richtlijnen van de fabrikant. Deze richtlijnen zijn (normaliter) opgenomen in de handleiding die de fabrikant bij de flexibel moet mee leveren. Een gebruikelijke frequentie voor het testen van flexibels is eenmaal per jaar.* |  |
| *De inspectie van flexibels omvat ook de controle van de geleidbaarheid. Er zijn attesten van de uitvoering van de inspecties.* |  |
| *Als flexibels van een derde gebruikt worden, worden met de derde afspraken gemaakt, zodat de attesten van de meest recente inspecties van deze flexibels steeds ter beschikking zijn. Er gebeuren hierop steekproefsgewijze controles.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Preventief vervangprogramma |  |
| *Een alternatieve maatregel voor een preventief vervangprogramma is een programma voor het periodiek uitvoeren van drukproeven.* |  |
| *Er is een vervangprogramma voor flexibels (in functie van het gebruik en de voorschriften van de fabrikant). De periodiciteit wordt bepaald door het aantal cycli.* |  |
| |  | | --- | | Goede staat van de gasflessen en de flessenkaders  *Een systematisch nazicht op de toestand van de te vullen gasflessen en flessenkaders wordt voorzien. Dit nazicht omvat een controle:*   * *of er visuele defecten zijn (uitstulpingen, deuken, barsten, roest)* * *of de herkeuringsdatum nog niet verstreken is.*   *Flessen in slechte staat of met verstreken keuringsdatum worden verwijderd.* | |  |

## Beperken van accidentele lekken

|  |  |
| --- | --- |
| Drukverlies in flessen in geval van een lek tijdens het vullen |  |
| Permanent toezicht ter plaatse |  |
| (Nood)afsluiters |  |
| *Zowel manuele kleppen, afstandsgestuurde kleppen of een combinatie van beide kunnen voorzien worden als noodafsluiters. De voorkeur gaat naar afstandsgestuurde kleppen. Hieronder worden de aandachtspunten beschreven voor die (nood)afsluiters. Sommige aandachtspunten zijn alleen toepasbaar op afstandsgestuurde kleppen.* |  |
| *Indien gekozen wordt voor manuele noodafsluiters, dient uit de risicoanalyse te blijken dat deze kleppen de gewenste risicoreductie opleveren en in alle omstandigheden van op een veilige locatie kunnen bediend worden. De werkwijze bij manuele afsluiters wordt beschreven in een instructie.* |  |
| *Locatie:* |  |
| * + *in de toevoerleiding naar het vulstation.* |  |
| *Faalpositie bij wegval van perslucht of elektrische voeding:* |  |
| * + *Het is duidelijk dat in het geval van kleppen op de toevoerleidingen naar het vulstation de veilige positie gesloten is. Een algemeen aanvaard en toegepast principe in de procesveiligheid is om kleppen zodanig uit te voeren dat bij het wegvallen van perslucht of elektrische voeding, de kleppen schakelen naar hun veilige positie (in dit geval dus gesloten).* |  |
| * + *Bij pneumatische actuatoren van het type “spring return” plaatst een veer de klep in een bepaalde positie wanneer de perslucht wegvalt (dit is de faalpositie van de klep).* |  |
| * + *Afsluiters met elektrische actuatoren kunnen ook zodanig worden uitgevoerd dat ze automatisch naar een veilige toestand van de klep evolueren bij het wegvallen van de energietoevoer of het stuursignaal ernaar. Dit wordt gerealiseerd door een veer in de actuator die bij het wegvallen van de energie de klep sluit (zgn. “fail-safe actie”).* |  |
| *Aansturing bij brand:* |  |
| * + *Om het sluiten van pneumatische kleppen bij brand te verzekeren is de gemakkelijkste manier het gebruik van snel smeltende persluchtbuisjes. Hierdoor wordt een automatische werking bekomen, onafhankelijk van andere activeringssystemen. Voor een brand elders in de installatie is het uiteraard wel nodig om deze kleppen via een noodstop en/of een automatische kring dicht te kunnen sturen.* |  |
| * + *Om de bedienbaarheid van een afsluiter met een elektrische actuator ook in geval van brand te verzekeren moet voldaan zijn aan de volgende voorwaarden:* |  |
| * + - *De actuator zelf is voldoende brandbestendig om tijdens een brand niet te falen voordat de afsluiter gesloten is.* |  |
| * + - *De elektrische voedingskabel naar de actuator is beschermd tegen brand zodanig dat de brandbestendigheid voldoende is om de voeding te verzekeren totdat de klep gesloten is.* |  |
| * + - *De signaalkabels voor de sturing van de klep worden niet samen met de voedingskabel beschermd tegen brand zodat ze wegsmelten voor de voedingskabel. Hierdoor zou de klep volgens de eerste voorwaarde van deze opsomming naar zijn faalpositie moeten gaan voordat de voedingskabel het begeeft.* |  |
| * + - *De elektrische voeding moet een verhoogde betrouwbaarheid hebben. Zij mag dus niet bij de minste kortsluiting ten gevolge van een brand uitvallen. Dit kan bijvoorbeeld door de actuator te voeden via een “no-break”-systeem of een noodvoedingsnet.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Brandweerstand:* |  |
| * + *Waterstof geeft geen aanleiding tot een plasbrand, waarvoor kleppen gecertificeerd worden, maar wel tot een jetfire, waarvoor geen brandbestendigheidscertificaten uitgereikt worden. Het is wel belangrijk om kleppen aan te kopen die specifiek bedoeld zijn om gebruikt te worden voor waterstof.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De afsluitkleppen zijn opgenomen in een periodiek inspectieprogramma.* |  |
| *Positieaanduiding van de afsluitkleppen:* |  |
| * + *De afsluitkleppen hebben een van op afstand waarneembare positie-aanduiding (open/toe).* |  |
| Terugslagklep in de verlaadleiding |  |
| * *langs de kant van de vaste installatie* |  |
| * *opgenomen in een periodiek inspectieprogramma* |  |
| Terugslagklep ter hoogte van de aansluiting van de flexibel naar de flessenvulling |  |
| * *gesitueerd ter hoogte van de aansluiting van de flexibel met het flessenvulstation* |  |
| * *is geen alternatief voor manuele of afstandsgestuurde noodafsluiters (wegens onvoldoende betrouwbaar).* |  |
| Noodstop van de vulling |  |
| *Bij activatie van een noodstop:* |  |
| * *sluiten automatisch de van op afstand gestuurde kleppen ter hoogte van de vulinstallatie* |  |
| * *stoppen automatisch de compressoren* |  |
| * *wordt een alarm gegeven naar een bemande post (een plaats waar permanent een persoon aanwezig is die kan ingrijpen (vb. in de controlekamer); de gepaste respons is opgenomen in een instructie).* |  |
| *Plaatsing noodstopknoppen:* |  |
| * + *De noodstopknoppen zijn strategisch geplaatst op de vluchtwegen van de vulinstallatie.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De noodstoppen worden periodiek functioneel getest. Deze testen worden geregistreerd.* |  |
| Gasdetectie ter hoogte van het vulstation (indien in een gesloten gebouw geplaatst) |  |
| *Gasdetectie voor waterstof in open lucht is niet effectief en hierdoor ook niet aanbevolen. Indien de vulplaats voor waterstofflessen zich in een gesloten gebouw bevindt is waterstofdetectie wel aanbevolen.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op een permanent bemande plaats (richtwaarde instelling alarm: 20 à 25% van de LEL.* |  |
| * + *sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor (dit mag bij een hogere waarde dan de alarmwaarde, voor waterstof is hiervoor 40% van de LEL de richtwaarde).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Plaatsing meetpunten en openingen:* |  |
| * + *rond de vulinstallatie voor flessen(batterijen)* |  |
| * + *op goed gekozen locaties* |  |
| * + *bovenaan het gebouw zijn openingen voorzien waarlangs waterstof kan ontsnappen.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test gasdetectoren (richtfrequentie: maandelijks)* |  |
| * + *periodieke kalibratie van de meetkoppen volgens voorschriften van de fabrikant (richtfrequentie: 6-maandelijks).* |  |
| * + *periodieke test van acties gekoppeld aan gasdetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |
| Flexibel vastgemaakt op regelmatige afstand of gebruik van een veiligheidskabel |  |
| * *Om te vermijden dat de flexibel in alle richtingen slingert in geval van een breuk.* |  |
| * *Indien een veiligheidskabel gebruikt wordt, verhindert deze kabel dat indien een flexibel loskomt, deze in alle richtingen slingert* |  |

*.*

## Beheersen van de verspreiding van vrijgezette stoffen

|  |  |
| --- | --- |
| Propagatie van een explosieve wolk in een veilige zone vermijden |  |
| *Men moet maatregelen voorzien om te vermijden dat waterstof binnendringt op bepaalde plaatsen (trappenhallen,…) die de verbinding vormen met als veilig gedefinieerde lokalen (dus buiten de gevaarlijke zones).* |  |
| Voldoende ventilatie garanderen |  |
| *Natuurlijke ventilatie of gedwongen ventilatie:* |  |
| * *Natuurlijke ventilatie is enkel mogelijk als kan aangetoond worden dat deze geschikt is.* |  |
| * *De capaciteit van gedwongen ventilatie bedraagt minimaal 0,304 m/min.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * *De luchtinlaten moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in de buitenmuren.* |  |
| * *De luchtuitlaten moeten zo hoog mogelijk in het lokaal voorzien zijn in de buitenmuren of in het dak.* |  |
| * *De luchtuitlaten van het ventilatiesysteem bevinden zich minstens 15 m van de dichtstbijzijnde luchtbehandelingsinstallatie of airconditioningsinstallatie (of deze installaties worden gestopt in geval van waterstofdetectie).* |  |
| *Oppervlak:* |  |
| * *De luchtinlaten en de luchtuitlaten moeten elk een totaal oppervlak hebben van minstens 0,003 m2/m3 volume van het lokaal.* |  |

## Vermijden van ontstekingsbronnen

|  |  |
| --- | --- |
| Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer |  |
| Doorblazen van de flexibels en de aansluitpunten |  |
| *Voor aanvang van de verlading dient een reiniging met inert gas voorzien te worden, gevolgd door verschillende spoelingen met waterstof. Om dit te verwezenlijken moet er een klep aanwezig zijn die een verbinding met de open lucht maakt om de aansluiting te kunnen maken en het doorblazen van de leidingen mogelijk te maken tussen de flessen en de toegangsklep.* |  |
| *De zuurstofconcentratie dient minder dan 1% te bedragen voordat waterstof in het vulsysteem geïntroduceerd wordt.* |  |
| *Het purgeren van de flexibels is opgenomen in de vulinstructie.* |  |
| Verificatie van de residuele druk in de fles |  |
| *Als er geen residuele druk is of als de afsluitkraan voorafgaandelijk opengezet is, moet de fles verwijderd worden van de transportband van het vulstation. In principe is er in een gasfles altijd een residuele druk aanwezig, ook al staat het ventiel van de fles open. Dit is te wijten aan het feit dat er in de fles een RPV-klep (“residual pressure valve”) ingebouwd is.* |  |
| *Deze maatregel is opgenomen in de instructie voor het vullen van waterstofflessen.* |  |
| Elektrostatische ontladingen bij het vullen van flessen |  |
| Aarding van het vulstation voor flessen |  |
| *De flessen(batterij) en de vaste installatie (inclusief reservoirs, bijhorende “tubing” en andere toebehoren) moeten op equipotentiaal gebracht worden. De weerstand van deze equipotentiaalverbinding bedraagt maximaal 10 Ω.* |  |
| *Instructies:* |  |
| * + *De verplichte plaatsing van de equipotentiaalverbinding is opgenomen in de vulinstructie.* |  |
| *Vergrendeling equipotentiaalverbinding:* |  |
| * + *De vergrendeling verhindert de verlading zolang de weerstand van de equipotentiaalverbinding te hoog is.* |  |
| *Indicatie van een goede equipotentiaalverbinding:* |  |
| * + *Deze maatregel kan bij vulinstallaties aanvaard worden als alternatief voor de vergrendeling van de equipotentiaalverbinding met de vulinstallatie en kan bijvoorbeeld uitgevoerd worden door de plaatsing van een verklikkerlampje.* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * + *De equipotentiaalverbindingen, de goede werking van de vergrendeling en/of de indicatie van een goede equipotentiaalverbinding worden periodiek getest volgens een inspectieprogramma. De solide bevestiging van de vaste equipotentiaalverbindingen wordt periodiek gecontroleerd tijdens controlerondes.* |  |
| Vulslangen zijn voldoende geleidend |  |
| *Door de stroming van gasvormige waterstof door de vulslang zullen er op deze slang elektrische ladingen worden afgezet. Als deze ladingen kunnen accumuleren, raakt de slang elektrostatisch opgeladen en kan er bij ontlading een vonk optreden.* |  |
| *Daarom is het nodig dat de vulslang voldoende geleidend is. De weerstand bedraagt ten hoogste 106 Ω/m. De ladingen zullen in principe worden afgevoerd via de massa waarmee de vulslang verbonden is.* |  |
| *De elektrische geleidbaarheid van de vulslangen wordt periodiek gecontroleerd.* |  |
| Vonken van elektrische apparatuur |  |
| Explosieveilige uitvoering van de elektrische installatie ter hoogte van de vulposten |  |
| *De vulposten maken het voorwerp uit van een zoneringsdossier en een explosieveiligheidsdocument.* |  |
| *De onderneming beschikt over een attest van gelijkvormigheidsonderzoek door een erkend organisme, uitgevoerd vóór de eerste indienststelling van de elektrische installatie of van belangrijke wijzigingen of belangrijke uitbreidingen.* |  |
| *Deze eis is opgenomen in artikel 270 van het “AREI 1981” (geldig vanaf de invoering in 1981 tot en met 31/05/2020) en in Boek I, hoofdstuk 6.4 van het “AREI 2020” (geldig vanaf 1/6/2020).* |  |
| *Welke ook de constructiedatum van de installatie is, de laagspanningsinstallatie wordt:* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor verplaatsbare, mobiele of tijdelijke elektrische installaties (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *jaarlijks gekeurd voor de elektrische installaties in ontploffingsgevaarlijke zones (vanaf 1/6/2020 conform het AREI 2020)* |  |
| * *vijfjaarlijks gekeurd voor de andere elektrische installaties.* |  |
| *Deze termijnen kunnen nog verkort worden indien zo vermeld in de milieuvergunning of in het laatste keuringsverslag.* |  |
| *Indien er in het verslag van de periodieke controle inbreuken vermeld zijn, toont de exploitant aan dat de nodige herstellingen of aanpassingen correct werden uitgevoerd (of dat de uitvoering hiervan gepland is).* |  |
| *De zones waar een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn worden voorzien van een waarschuwingsbord waarop dit vermeld staat (driehoekig, zwarte letters “EX“ op een gele achtergrond).* |  |
| Verbod op het gebruik van draagbare niet-explosieveilige apparatuur |  |
| *Het verbod is opgenomen in algemene veiligheidsregels van het bedrijf. Een verbod op GSM-gebruik is aangeduid:* |  |
| * *bij de ingang van het terrein* |  |
| * *t.h.v. de vulinstallatie.* |  |
| Explosieveilige uitvoering van draagbare elektrische toestellen |  |
| *Het betreft draagbare toestellen, zoals:* |  |
| * *GSM’s* |  |
| * *toestellen voor radiocommunicatie* |  |
| * *zaklampen.* |  |
| *Deze toestellen zijn opgenomen in een inspectieprogramma. Er wordt periodiek nagegaan of de toestellen zich nog in goede staat bevinden: geen loszittende batterij, behuizing nog intact, enz.* |  |
| *Indien bepaalde draagbare elektrische toestellen niet explosieveilig kunnen aangekocht worden, dient het risico van een explosie beheerst te worden aan de hand van maatregelen opgenomen in een risicoanalyse en/of door gebruik te maken van draagbare detectie als men met deze apparatuur werkt.* |  |
| Gebruik van vonkvrij gereedschap |  |
| *Als er tijdens werkzaamheden een risico is op het ontstaan van een waterstoflek, dan is vonkvrij gereedschap aangewezen. Voor werken waarbij er geen kans is op een lek, kan er ook met gewoon gereedschap gewerkt worden, mits men voorziet in waterstofmetingen voor en tijdens de werken, via de werkvergunning.* |  |
| Elektrostatische vonken door kledij of vloerbekleding |  |
| Antistatisch schoeisel en kledij voor de vuloperatoren |  |
| *Het dragen van antistatisch schoeisel en kledij is verplicht voor eigen personeel en derden die ter hoogte van het vulstation aanwezig zijn.*  *Er is een verbod op het aantrekken en uittrekken van kledij in de installatie, want het risico op elektrostatische vonken doet zich vooral dan voor.* |  |
| Open vlam |  |
| Aanwezigheid van verbodsbord ‘vuur, open vlam en roken verboden’ |  |
| *Het bord ‘Vuur, open vlam en roken verboden’ is afgebeeld in Boek III, Titel 6 van de Codex over het welzijn op het werk (veiligheids- en gezondheidssignalering).* |  |
| *Wat betreft de locatie van deze borden legt de Codex de volgende voorwaarden op:* |  |
| * + *op passende hoogte en op een passende plaats ten opzichte van het gezichtsveld* |  |
| * *bij de toegang tot een zone waar het risico door de aanwezigheid van een open vlam bestaat* |  |
| * *op een goed verlichte en gemakkelijk toegankelijke en zichtbare plaats.* |  |

## Beperken van schade door brand

|  |  |
| --- | --- |
| Openscheuren van waterstoffles door externe brand |  |
| Veilige afstand tussen het vulstation en potentiële brandhaarden |  |
| *Zie hiervoor de veiligheidsafstanden opgenomen in verschillende codes (o.a. referenties [6] en [11]) en de wettelijk vereiste minimumafstanden, opgenomen in hoofdstuk 2.* |  |
| Uitbreiding van een beginnende brand |  |
| Veiligheidsafstanden ten opzichte van de opslag van flessen |  |
| *In de NFPA-standaard 55 ‘Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code’ worden de volgende veiligheidsafstanden aanbevolen:* |  |
| * + *tussen flessen met ontvlambare gassen (o.a. waterstof) en flessen met oxiderende, pyrofore en toxische gassen: 6,1 meter* |  |
| * + *tussen flessen en brandbare materialen: 3,1 meter.* |  |
| *Deze afstanden kunnen verminderd worden door de plaatsing van een brandscherm.* |  |
| *In bijlage 5.17.1.B van Vlarem II zijn eveneens scheidingsafstanden opgenomen voor opslagplaatsen voor gassen in verplaatsbare recipiënten. De tabel met deze afstanden is opgenomen in deel 2.2 “Vlaamse regelgeving”.* |  |
| Brandweerstand van gebouw met vulinstallatie |  |
| *Volgens artikel 52 van ARAB worden lokalen met brandbare samengeperste gassen in een hoeveelheid die groter is dan of gelijk is aan 300 l, ingedeeld in groep 1.* |  |
| Brandweerstand van gebouw met opslag van flessen |  |
| *De brandweerstand is in overeenstemming met artikel 52 van het ARAB en (indien van toepassing) met bijlage 6 van het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de gebouwen moeten voldoen.* |  |
| Draagbare blusapparaten ter hoogte van de vulstations voor flessen(batterijen) |  |
| *Draagbare blusapparaten zijn niet geschikt om een gasbrand te bestrijden. Ze kunnen wel gebruikt worden om andere beginnende brandjes te blussen.* |  |
| *Aantal en locatie:* |  |
| * + *goed bereikbaar* |  |
| * + *vastgelegd in overleg met de lokaal bevoegde brandweerdienst. Dit blijkt uit een verslag (opgesteld door de brandweerdienst en/of de onderneming).* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *de draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- en onderhoudsprogramma:* |  |
| * *periodieke visuele controle op de aanwezigheid en bereikbaarheid van de blusapparaten* |  |
| * *jaarlijkse grondige inspectie van elk toestel door een deskundig persoon.* |  |
| *Opleiding:* |  |
| * + *Werknemers krijgen een periodieke training in het gebruik van draagbare blusapparaten. De deelname aan deze opleidingen wordt geregistreerd.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Signalisatie:* |  |
| * + *Draagbare blusapparaten zijn rood geverfd en zijn doelmatig gesignaliseerd.* |  |
| Branddetectie |  |
| *Omdat de vlam afkomstig van een waterstofbrand nauwelijks zichtbaar is, is branddetectie op basis van infraroodmetingen aangewezen.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats* |  |
| * + *automatische sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor of deze acties worden geactiveerd door een operator aanwezig op een permanent bemande plaats.* |  |
| *Plaatsing meetpunten:* |  |
| * + *rond de vulinstallatie* |  |
| * + *op goed gekozen locaties en dicht bij de bron.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test branddetectoren* |  |
| * + *periodieke test van acties gekoppeld aan branddetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |
| *Vooral wanneer de installatie van op afstand bediend wordt.* |  |
| Brandvertragende kledij voor het personeel dat de flessen afvult |  |
| *Brand- of vlamvertragende werkkleding biedt de drager bescherming tegen vuur en hittestraling.* |  |
| *Dergelijke kledij maakt het voorwerp uit van de norm NBN EN ISO 11612 “Beschermende kleding - Kleding voor bescherming tegen hitte en vlammen”.* |  |
| Minimaal twee evacuatiewegen uit de vulinstallatie |  |
| *De evacuatiewegen zijn:* |  |
| * + *vrij van hindernissen en voldoende breed* |  |
| * + *aangeduid aan de hand van veiligheidssignalisatie.* |  |
| *Personen aanwezig in het vulcentrum moeten snel en zonder valgevaar het gebouw kunnen verlaten. Een vluchtweg die veronderstelt dat men moet kruipen over of onder transportbanden met flessen is uiteraard onaanvaardbaar. De vluchtwegen zijn duidelijk aangeduid en zichtbaar vanop elke plaats in het vulcentrum.* |  |

## Beperken van schade door explosies

|  |  |
| --- | --- |
| Zwakke wand |  |
| *In het geval van een flessenvulstation gesitueerd in een apart gebouw, moet minstens één van de buitenmuren geconstrueerd zijn uit een licht materiaal of opgetrokken uit panelen die zich losmaken bij een interne overdruk van maximaal 13,3 kPa/m2 (uitgezonderd indien slechts kleine hoeveelheden waterstof gebruikt worden).* |  |
| *De explosie moet weggeleid worden van een plaats waar personen of andere apparatuur kunnen geraakt worden.* |  |

# Waterstofcompressoren

## Constructie van compressoren

|  |  |
| --- | --- |
| Constructie van compressor uitgevoerd volgens constructienormen |  |
| *Waterstofcompressoren dienen geconstrueerd te worden in overeenstemming met verschillende Europese richtlijnen (o.a. richtlijn drukapparatuur, machinerichtlijn, ATEX-richtlijn, EMC-richtlijn,…).* |  |
| Constructiedossier van een compressor |  |

## Beheersen van processtoringen

|  |  |
| --- | --- |
| Overdruk in de compressor |  |
| Interlock bij hoge druk |  |
| *De druk na de laatste druktrap wordt gemonitord door een sensor. Als de druk te hoog wordt, bij een waarde lager dan de afblaasdruk van de veiligheidskleppen, kunnen de volgende acties voorzien zijn:* |  |
| * + *automatisch stoppen van de compressor* |  |
| * + *recycling over de compressor.* |  |
| Veiligheidsklep(pen) na elke druktrap |  |
| *Dimensionering:* |  |
| * + *De veiligheidsklep (of een geheel van meerdere veiligheidskleppen) na iedere druktrap is gedimensioneerd voor het scenario “uitgangsklep compressor gesloten of opblokking in de uitgangsleiding van de compressor”. De berekeningen geven:* |  |
| * + - *de vereiste capaciteit* |  |
| * + - *de effectieve capaciteit van het geïnstalleerde veiligheidsventiel.* |  |
| *Andere voorwaarden (constructiemateriaal, inspectie, waterophoping in de afblaaslijn, afblaasleidingen, afblaaslocatie, reactiekrachten afblaasstroom, beschikbaarheid) waaraan de veiligheidsklep dient te beantwoorden zijn in detail weergegeven bij het scenario “overdruk in de vaste drukhouder”. Deze voorwaarden zijn algemeen geldig op alle plaatsen waar een veiligheidsklep als maatregel gedefinieerd wordt.* |  |
| *Er dient rekening gehouden te worden met het effect van “back pressure” als veiligheidskleppen afblazen via lange afblaasleidingen en/of indien er twee veiligheidskleppen met een verschillende insteldruk verbonden zijn met dezelfde afblaasleiding.* |  |
| Overdruk in waterkoeler(s) |  |
| Veiligheidsklep(pen) langs waterzijde van de waterkoeler(s) |  |
| *Indien het koelwatercircuit bestaat uit een gesloten watersysteem, dient iedere koeler beschermd te worden tegen overdruk langs de waterzijde afkomstig van lekken of faling van de koeler langs de gaszijde (waterstofkant).* |  |
| Hoge temperatuur in de compressor |  |
| Interlock bij hoge temperatuur stopt de compressor |  |
| *Een dergelijke interlock:* |  |
| * *is gesitueerd na elke druktrap (of na de koeling tussen 2 druktrappen)* |  |
| * *stopt de compressor indien een vooraf ingestelde maximale temperatuur bereikt wordt.* |  |
| Interlock op het koelwater na elke druktrap |  |
| *Een dergelijke interlock:* |  |
| * *geeft alarm op de druk of het debiet van het water in het koelwatersysteem* |  |
| * *stopt automatisch de compressor bij te lage druk of te laag debiet.* |  |

## Beheersen van degradatie

|  |  |
| --- | --- |
| Slijtage van compressor door gebruik |  |
| Preventief onderhouds- en inspectieprogramma |  |
| *Een systematische benadering voor onderhoud op waterstofhoudende systemen is noodzakelijk om een veilig en correct gebruik te garanderen.* |  |
| *Instructies voor onderhoud en herstellingen van waterstofhoudende systemen dienen gebaseerd te zijn op codes van goede praktijk met extra voorschriften voor de risicozones.* |  |
| *Aandachtspunten:* |  |
| * + *drukloos maken van de compressor* |  |
| * + *purgeren van de compressor* |  |
| * + *werken uitvoeren a.d.h.v. een werkvergunningssysteem* |  |
| * + *de draaiuren van de compressor worden bijgehouden en worden periodiek genoteerd (vb. maandelijks)* |  |
| * + *onderhoud op basis van de onderhoudsinstructies van de fabrikant* |  |
| * + *bijhouden van onderhouds- en inspectieverslagen.* |  |

## Beperken van accidentele lekken

|  |  |
| --- | --- |
| Lek ter hoogte van de compressor |  |
| Afsluitklep ter hoogte van de perszijde van de compressor |  |
| *De afsluitklep wordt gesloten indien er een te lage druk gemeten wordt aan de perszijde van de compressor of indien de noodstop in de controlekamer ingeduwd wordt. In dit laatste geval stopt dan ook de compressor zelf. Grote compressoren zijn voorzien van een bypass over de compressor, waarbij de koeling geactiveerd blijft bij het sluiten van de afsluitklep na de compressor. Bij kleine compressoren wordt de compressor gewoon gestopt.* |  |
| *De noodstop wordt periodiek functioneel getest. Deze testen worden geregistreerd.* |  |
| Detectie van waterstof ter hoogte van de compressor |  |
| *Waterstofdetectie ter hoogte van compressoren is relevant indien deze zich in een gebouw bevinden. Dit is meestal het geval voor grote compressoren om het lawaai afkomstig van de compressor in de omgeving te beperken.* |  |
| *Indien een waterstofcompressor zich in open lucht bevindt is waterstofdetectie minder relevant.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op een permanent bemande plaats (richtwaarde instelling alarm: 20 à 25% van de LEL).* |  |
| * + *sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor (dit mag bij een hogere waarde dan de alarmwaarde, voor waterstof is hiervoor 40% van de LEL de richtwaarde).* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| *Plaatsing meetpunten en openingen:* |  |
| * + *rond de compressor* |  |
| * + *op goed gekozen locaties* |  |
| * + *bovenaan het gebouw zijn openingen voorzien waarlangs waterstof kan ontsnappen.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test gasdetectoren (richtfrequentie: maandelijks)* |  |
| * + *periodieke kalibratie van de meetkoppen volgens de voorschriften van de fabrikant (richtfrequentie: 6-maandelijks).* |  |
| * + *periodieke test van de acties gekoppeld aan de gasdetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |
| Terugslagklep aan de perszijde van de compressor |  |
| *Deze afsluiter wordt geplaatst op de uitgaande leiding na de compressor. Dit is geen alternatief voor afstandsgestuurde noodafsluiters (wegens onvoldoende betrouwbaar).* |  |
| *Inspectie:* |  |
| * *De goede werking wordt periodiek getest.* |  |
| * *De terugslagklep wordt periodiek vervangen (richtwaarde om de 10 jaar).* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *Zo dicht mogelijk tegen de compressor.* |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Lek ter hoogte van stopbuspakking |  |
| Interlock op lage druk/laag debiet inert gas ter hoogte van krukaskast van de compressor |  |
| *Indien de krukaskast van de compressor onder een inerte gasdruk gehouden wordt (vb. stikstof), krijgt men een alarm indien de inertgasdruk of het inertgasdebiet te laag is, waarna de compressor automatisch gestopt wordt.* |  |

## Beheersen van de verspreiding van vrijgezette stoffen

|  |  |
| --- | --- |
| Vorming van explosieve wolk in ruimte met waterstofsysteem |  |
| Voldoende natuurlijke ventilatie garanderen |  |
| *Als de compressor geïnstalleerd is in een gebouw, dient er voldoende natuurlijke ventilatie verzekerd te zijn.* |  |
| *Plaatsing:* |  |
| * + *De luchtinlaten moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in de buitenmuren.* |  |
| * + *De luchtuitlaten moeten zo hoog mogelijk in het lokaal voorzien zijn in de buitenmuren of in het dak.* |  |
| *Oppervlak:* |  |
| * + *De luchtinlaten en de luchtuitlaten moeten elk een totaal oppervlak hebben van minstens 0,003 m2/m3 volume van het lokaal.* |  |

## Voorkomen van ontstekingsbronnen

|  |  |
| --- | --- |
| Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer in de compressor |  |
| Voorafgaand spoelen compressor voor openen en opstarten compressor |  |
| *Om de aanwezigheid van zuurstof en lucht te vermijden voor het inbrengen van waterstof, dient men een reiniging met een inert gas te voorzien, gevolgd door een reiniging met waterstof. Er moeten twee purgeerkleppen aanwezig zijn om het doorblazen van het installatie-onderdeel toe te laten. Een eerste purgeerklep bevindt zich tussen de afsluitklep aan de zuigzijde van de compressor en de compressor zelf, een tweede purgeerklep bevindt zich tussen de compressor en de afsluitklep aan de perszijde van de compressor.* |  |
| *De toegepaste stikstofdruk hangt af van de normale werkingsdruk van de compressor. Het is aangewezen dat de stikstofdruk niet lager is dan de helft van de ontwerpdruk aan de zuigzijde. Dit is vooral belangrijk voor compressoren die bij lage druk werken.* |  |
| *De compressor moet ten minste gedurende 10 minuten draaien en als de aanwezigheid van zuurstof in het doorstroomgas lager is dan 1% gedurende minimum 2 minuten, kan de compressor gestopt worden.* |  |
| *De toevoer van stikstof wordt afgesloten en de afsluitklep aan de zuigzijde wordt geopend.* |  |
| *Samengedrukte waterstof wordt nog doorgeblazen totdat de concentratie aan inert gas gereduceerd is tot een aanvaardbaar niveau.* |  |
| Meten van de zuurstofconcentratie in waterstof |  |
| *Dit is enkel van toepassing indien de waterstof afkomstig is van een bron bij lage druk of als de mogelijkheid bestaat dat er contaminatie met zuurstof is.* |  |
| *De compressor wordt automatisch gestopt van zodra de zuurstofconcentratie 1 vol % bedraagt.* |  |
| *De zuurstof detectie bevindt zich best juist voor het aanzuigpunt van de compressor.* |  |
| Interlock op lage aanzuigdruk |  |
| *De inlaatdruk van de compressor wordt gemonitord door een druksensor/switch om vacuüm in de inlaatleiding en intrede van zuurstof in het systeem te vermijden. De drukswitch zorgt ervoor dat de compressor gestopt wordt voordat de aanzuigdruk de atmosferische druk bereikt.* |  |
| *Bij te lage aanzuigdruk kan men de compressor niet opstarten.* |  |
| Interlock op lage druk/laag debiet inert gas ter hoogte van de elektrische motor indien een niet-ATEX-motor gebruikt wordt |  |
| *Indien de elektrische motor en andere hulpapparatuur van de compressor onder een inertgasdruk gehouden worden (vb. door middel van stikstof), krijgt men een alarm indien de inertgasdruk of het inertgasdebiet te laag is, waarna de motor en de hulpapparatuur automatisch gestopt worden.* |  |

## Beperken van schade door brand

|  |  |
| --- | --- |
| Uitbreiding van een beginnende brand |  |
| Branddetectie |  |
| *Omdat de vlam afkomstig van een waterstofbrand nauwelijks zichtbaar is, is branddetectie op basis van infraroodmetingen aangewezen.* |  |
| *Acties:* |  |
| * + *alarm op permanent bemande plaats* |  |
| * + *automatische sluiting van de op afstand gestuurde kleppen en stopzetting van de compressor of deze acties worden geactiveerd door een operator aanwezig op een permanent bemande plaats.* |  |
| *Plaatsing meetpunten:* |  |
| * + *rond de compressor* |  |
| * + *op goed gekozen locaties en dicht bij de bron.* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *periodieke test branddetectoren* |  |
| * + *periodieke test van acties gekoppeld aan branddetectie (richtfrequentie: jaarlijks).* |  |
| Draagbare blusapparaten ter hoogte van de compressor |  |
| *Draagbare blusapparaten zijn niet geschikt om een gasbrand te bestrijden. Ze kunnen wel gebruikt worden om andere beginnende brandjes te blussen.* |  |
| *Aantal en locatie:* |  |
| * + *goed bereikbaar* |  |
| * + *vastgelegd in overleg met de lokaal bevoegde brandweerdienst. Dit blijkt uit een verslag (opgesteld door de brandweerdienst en/of de onderneming).* |  |
| *Inspectie en onderhoud:* |  |
| * + *De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- en onderhoudsprogramma:* |  |
| * *periodieke visuele controle op de aanwezigheid en bereikbaarheid van de blusapparaten* |  |
| * *jaarlijkse grondige inspectie van elk toestel door een deskundig persoon.* |  |
| *Opleiding:* |  |
| * + *Werknemers krijgen een periodieke training in het gebruik van draagbare blusapparaten. De deelname aan deze opleidingen wordt geregistreerd.* |  |
| *Signalisatie:* |  |
| * + *Draagbare blusapparaten zijn rood geverfd en zijn doelmatig gesignaliseerd.* |  |

### Brandwonden bij personeel

|  |  |
| --- | --- |
| Brandvertragende kledij voor het operationeel personeel |  |
| *Brand- of vlamvertragende werkkleding biedt de drager bescherming tegen vuur en hittestraling.* |  |
| *Dergelijke kledij maakt het voorwerp uit van de norm NBN EN ISO 11612 “Beschermende kleding - Kleding voor bescherming tegen hitte en vlammen”.* |  |