

FOD WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG
ALGEMENE DIRECTIE TOEZICHT OP HET WELZIJN OP HET WERK
DIRECTIE VAN DE CHEMISCHE RISICO'S

CHECKLIST



WATERSTOF

Inleiding

Deze checklist is een inspectie-instrument van de Directie van de chemische risico's om op systematische wijze te onderzoeken in hoeverre bepaalde installaties voor het behandelen van waterstof voldoen aan de huidige normen en de codes van goede praktijk.

In het kader van een open beleid van de dienst wordt de checklist vrij ter beschikking gesteld van de bedrijven, om hen toe te laten zelf een onderzoek uit te voeren en er de gepaste conclusies uit te trekken ter verbetering van de preventie van zware ongevallen.

De checklist lijst een aantal risico's op die specifiek zijn voor de betrokken installaties en geeft een overzicht van de mogelijke maatregelen die voor deze risico's genomen kunnen worden. Deze risico's en maatregelen zijn grotendeels overgenomen uit standaarden en codes van goede praktijk. De checklist heeft echter niet de pretentie om volledig te zijn en kan dus niet als vervanging gebruikt worden voor een doorgedreven risicoanalyse door de exploitant.

Inhoudstafel

1	EIGENSCHAPPEN VAN WATERSTOF	4
1.1	IDENTIFICATIE	4
1.2	FYSISCHE EIGENSCHAPPEN	4
1.3	CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN	4
1.4	GEVAREN VERBONDEN AAN WATERSTOF	5
1.4.1	<i>Ontvlambaarheid</i>	5
1.4.2	<i>Risico's voor de gezondheid</i>	6
1.4.3	<i>Gevaren verbonden aan constructiematerialen</i>	6
1.4.4	<i>Gevaren specifiek verbonden aan het gebruik bij extreem lage temperaturen in het geval van vloeibare waterstof</i>	7
1.5	INDELING	7
2	TOEPASSING VAN DE CHECKLIST	9
	REFERENTIES	10

BIJLAGE 1 : PLANOP-analyse van de installaties

BIJLAGE 2 : Veiligheidsafstanden

BIJLAGE 3 : Verificatielijsten

1 Eigenschappen van waterstof

1.1 Identificatie

Waterstof is een kleurloos, geurloos en smaakloos gas. Het is het lichtste gas.

Chemische formule : H₂
CAS-nummer: 1333-74-0
UN-nummer: 1049
EG-nummer: 001-001-00-9

1.2 Fysische eigenschappen

Moleculair gewicht:	2,02 g
Kookpunt:	-252,9 °C
Tripelpunt:	-259,2 °C
Kritische temperatuur:	-239,9 °C
Kritische druk:	12,8 atm
Densiteit van het gas bij 0°C en 1 atm (lucht = 1):	0,089 g/l
Densiteit van het gas bij 25°C en 1 atm (lucht = 1):	0,069 g/l
Densiteit van de verzadigde vloeistof bij 23 K:	67,723 kg/l
Uitzettingscoëfficiënt, vloeistof -> gas (kookpunt -> 20°C):	1 tot 848
Latente verdampingswarmte:	446 kJ/kg
Ontstekingsgrenzen in lucht bij 1 atm:	4 – 74,5 %
Ontstekingsgrenzen in zuurstof bij 1 atm:	4,65 – 93,9 %
Zelfontstekingstemperatuur in lucht bij 1 atm:	570 °C
Verbrandingswarmte:	120.000 kJ/kg

1.3 Chemische eigenschappen

Waterstof, hoewel relatief inactief bij omgevingstemperatuur, reageert met de meeste andere elementen bij verhoogde temperatuur. Zo kan waterstof metaaloxiden reduceren bij verhoogde temperatuur. Het is deze reactiviteit bij verhoogde temperatuur waarvan nuttig gebruik gemaakt wordt in de meeste industriële waterstofinstallaties buiten de energiesector.

Waterstof kan dus beschouwd worden als incompatibel met oxydanten, zoals lucht, zuurstof en halogenen. Fluor en waterstof reageren bij een temperatuur van 250°C in aanwezigheid van onzuiverheden. Mengsels van chloor en waterstof exploderen als deze zijn blootgesteld aan licht. Lithium brandt in een waterstofatmosfeer.

1.4 Gevaren verbonden aan waterstof

1.4.1 Ontvlambaarheid

Waterstof is een zeer licht ontvlambaar gas. Het brandt in lucht met een bleke blauwe vlam, praktisch onzichtbaar, bij concentraties gaande van 4 tot 75% volume bij standaardcondities (ter vergelijking, de ontvlambaarheidsgrenzen van methaan en propaan zijn respectievelijk tussen 5,3 – 15% en 2,1-9,5%). De explosiegrenzen zijn functie van de druk, de temperatuur en de vochtigheidsgraad. De hoogste temperatuur in de waterstofvlam bedraagt 2.318°C en wordt bereikt bij een concentratie van 29%, maar in een zuurstofatmosfeer kan deze temperatuur oplopen tot 3000°C.

De minimale ontstekingsenergie nodig om een stoichiometrisch mengsel brandstof/zuurstof te onsteken bedraagt 0,02 mJ voor waterstof, wat erg laag is (voor methaan bedraagt deze 0,26 mJ). Dus een tiende van de energie van een ontlading van statische elektriciteit, een boog of een vonk volstaat om waterstof te ontsteken.

Daarenboven wordt waterstof bij verhoogde druk behandeld. Indien dan een lek optreedt, veroorzaakt waterstof een invers Joule-Thompson effect van die aard dat het gas dat ontsnapt voldoende kan opwarmen om direct te kunnen ontvlammen. De lage minimale ontstekingsenergie van een ontvlambaar mengsel van waterstof en lucht verhoogt dus gevoelig de kans op ontsteking van een ontvlambaar mengsel dat waterstof bevat ten opzichte van andere ontvlambare gassen.

De kans op ontsteking wordt ook verhoogd ten opzichte van andere ontvlambare gassen omdat de kleine grootte van de waterstofmolecule haar toelaat gemakkelijker door kleine openingen te stromen. Het is omwille van deze laatste karakteristiek dat het soms beter is om de lektheid van apparatuur die bedoeld is om waterstof te bevatten te testen met helium, een inert gas, omdat de grootte van deze molecule vergelijkbaar is met deze van waterstof.

Het explosiegebied van waterstof situeert zich in het interval tussen 13 en 59% (zie [15]). De diffusiecoëfficiënt in lucht bedraagt 0,61 cm²/s, wat 4 keer groter is dan voor methaan. Daarom vermengt waterstof zich veel gemakkelijker met lucht dan methaan of petroleumdampen, wat een voordeel is in open lucht.

In tegenstelling hiermee is het een mogelijk nadeel in inwendige slecht verluchte ruimtes. Omdat waterstof lichter is dan lucht, stijgt het gas gemakkelijk in de atmosfeer, in tegenstelling tot propaan dat ter hoogte van de grond blijft en zo een verhoogde kans op explosie veroorzaakt. Heel wat ervaring heeft aangetoond dat waterstof niet ontsteekt in open lucht.

Het grootste gevaar verbonden aan het gebruik van waterstof is dus de vorming van ontvlambare mengsels met lucht die, blootgesteld aan een ontstekingsbron, kunnen aanleiding geven tot branden of eventueel deflagraties.

De opening waardoor een waterstofvlam zich kan verspreiden is veel nauwer dan voor de meeste andere gassen. Daardoor is het veel moeilijker om elektrische motors te construeren die voldoende “exproof” zijn om te gebruiken in atmosferen waar een ontvlambaar mengsel waterstof-lucht kan aanwezig zijn.

In het geval waar waterstof in vloeibare vorm wordt gebruikt, moet men twee verschillende gevallen bekijken: in het geval van “kleine lekken” van vloeibare waterstof is er ongeveer een

onmiddellijke verdamping en de vrijgekomen gasvormige stroom is snel opgewarmd, wat dit scenario terugbrengt tot dat van een klein lek van gasvormige waterstof wat zich snel verdunt in de lucht. Indien echter vloeibare waterstof vrijkomt in veel grotere hoeveelheden, zal een deel van de vloeibare waterstof onmiddellijk verdampen, maar het andere deel kan een vloeibare waterstofplas over de grond vormen indien deze laatste voldoende verkoelt. De verdamping is dus veel trager en gasvormige waterstof heeft bij heel lage temperatuur een dichtheid die vergelijkbaar is met lucht. Deze verdamping zorgt dus voor een mengsel lucht/waterstof dat zich verspreidt en progressief verdunt in de atmosfeer. Als het mengsel niet ontvlamd is dicht bij de bron, kan dit een gevaar op brand creëren op relatief verafgelegen plaatsen. De maximale uitbreiding van een wolk is in de orde van enkele tientallen meters.

Een bijkomend gevaar wordt veroorzaakt door het gebruik van extreem lage temperaturen. De lucht die de installaties waar men vloeibare waterstof behandelt omgeeft zal condenseren bij de temperatuur waarop de vloeibare waterstof zich bevindt en kan een vloeibare lucht worden die verrijkt is aan zuurstof door de verdamping van stikstof. Deze lucht verrijkt met zuurstof verhoogt de verbrandingssnelheid van brandbare materialen en nabijgelegen ontvlambare stoffen.

1.4.2 Risico's voor de gezondheid

Waterstof op zich is niet toxisch, maar wordt gezien als verstikkend gas omdat wanneer het vrijkomt de normale concentratie van 21% zuurstof in lucht kan reduceren in een besloten ruimte zonder voldoende ventilatie. Gezien het feit dat waterstof kleurloos, geurloos en smaakloos, kan de aanwezigheid van waterstof niet door een persoon ontdekt worden. De verstikking kan plaats grijpen als de concentratie aan zuurstof gereduceerd is tot 18% door verdringing. De effecten van een tekort aan zuurstof door verstikking kunnen onder andere de volgende zijn: snelle ademhaling, verzwakte alertheid, verzwakte spiercontrole, onduidelijk onderscheidingsvermogen, vermindering van alle gewaarwordingen, emotionele instabiliteit en vermoeidheid. Naarmate de verstikking voortduurt, kan deze aanleiding geven tot misselijkheid, overgeven, totale uitputting en bewusteloosheid dat op den duur eindigt in convulsies, coma en de dood.

Men dient echter nota te nemen van het feit dat de concentraties aan waterstof vanaf wanneer de mengsels ontvlambaar of explosief zijn veel lager zijn dan deze vanaf wanneer het risico op verstikking relevant is.

Men kan brandwonden oplopen omwille van het feit dat men niet weet dat men door een waterstofbrand loopt omdat de vlam bijna onzichtbaar is.

In het geval waterstof onder vloeibare vorm wordt gebruikt, kan de blootstelling aan extreem koude waterstof en aan zeer koude waterstofdampen, vrieswonden veroorzaken.

Deze kunnen ook indirect optreden via druppels vloeibare lucht die afdruipt van koude buisleidingen.

1.4.3 Gevaren verbonden aan constructiematerialen

Waterstof is niet corrosief. Niettemin kan waterstof reageren met bepaalde metalen (getemperde stalen) en veroorzaakt dus verbrossing. Bij gedeeltelijk verhoogde temperaturen en drukken kunnen stalen een verbrossing en beschadiging ondergaan te wijten aan waterstof.

Staal ondergaat een decarboxilatie door waterstof, die veroorzaakt een verlies aan ductiliteit en de ontwikkeling van microscheurtjes ter hoogte van de korrelgrenzen, met een verlaagde weerstand als gevolg. De decarboxilatie is reversibel, maar niet de vorming van scheurtjes. Deze twee effecten worden vaak toegeschreven aan waterstofbroosheid. De verzwakkingen hebben plaats bij temperaturen tussen 300 tot 500°C. De weerstand van staal tegen waterstofbroosheid kan gevoelig verhoogd worden door toevoeging van geschikte legeringselementen. Op die manier worden CrMo stalen vaak gebruikt indien men werkt met waterstof.

1.4.4 Gevaren specifiek verbonden aan het gebruik bij extreem lage temperaturen in het geval van vloeibare waterstof

Verscheidende gebruikte materialen, zoals koolstofstaal, kunststoffen en rubber, worden bros en kunnen scheuren bij extreem lage temperaturen van cryogene vloeistoffen. Bovendien krimpen de meeste materialen in bij cryogene temperaturen wat aanleiding kan geven tot lekken in de verbindingen.

Ongeacht de gebruikte materialen, dient men in alle gevallen verontreiniging van de apparatuur met water te vermijden, want de uitzetting van ijs kan scheurtjes in de apparatuur veroorzaken.

Bij branden dient men rekening te houden met het feit dat cryogene vloeistoffen zoals waterstof gemakkelijk het water doen bevriezen. Op die manier kan water indien ondoordachtzaam gebruikt de veiligheidskleppen gaan opblokken; omdat het water bovendien relatief warm is, kan het de verdamping van vloeibare waterstof versnellen, wat de brand nog gaat voeden.

Omdat de apparatuur dient gepurgeerd te worden voordat men er vloeibare waterstof in brengt (om mogelijks een explosieve atmosfeer te vermijden of een explosief mengsel van lucht en vloeibare waterstof), kunnen bepaalde inerte gassen zoals stikstof gaan bevriezen en opblokkingen veroorzaken en zo aanleiding geven tot breuken in transferleidingen of in de opslagtank.

1.5 Indeling

Volgens het Koninklijk besluit van 11 januari 1993 tot regeling van de indeling, de verpakking en de etikettering van gevaarlijke preparaten met het oog op het op de markt brengen of het gebruik ervan (B.S. 17-5-1993), is de indeling van waterstof de volgende :

- F+, R12 : zeer licht ontvlambaar.
- S9 : "op een goed geventileerde plaats bewaren"
- S16 : "verwijderd houden van ontstekingsbronnen – niet roken"
- S33 : "Maatregelen treffen tegen ontladingen van statische elektriciteit"

De NFPA codes voor waterstof zijn 0-4-0; voor vloeibare waterstof 3-4-0.

Wat betreft de zonering is waterstof een gas van de groep IIC, temperatuursklasse T1 (volgens de norm EN 50.014 / NBN C23-001: Elektrisch materieel voor explosieve atmosferen – algemene regels).

Wat betreft het transport, wordt gasvormig waterstof aangegeven als gecomprimeerde waterstof. Het behoort tot de klasse/divisie 2.1, nummer rubriek ADR/RID is 2, 1°F, gevaarsnummer ADR/RID 23 en etikettering volgens ADR is etiket 3 : ontvlambaar gas. Vloeibare waterstof wordt aangegeven als gekoelde vloeibare waterstof. Het behoort tot de klasse/divisie 2.1, nummer rubriek ADR/RID 2, 3°F, gevaarsnummer ADR/RID 223 en de ADR etikettering is identiek als voor gasvormige waterstof.

2 Toepassing van de checklist

Deze checklist is een PLANOP-analyse van enkele typische installaties voor het behandelen van waterstof. PLANOP is een risicoanalysetechniek die binnen de Directie van de chemische risico's werd ontwikkeld en wordt beschreven in de informatienota CRC/IN/012-N "PLANOP".

De installaties zijn opgedeeld in secties en onderdelen. Voor elk onderdeel zijn de verschillende kansbronnen en vrijzettingstappen te behandelen. Bij elk van deze kansbronnen en vrijzettingstappen zijn typische maatregelen gegeven om het risico tot een aanvaardbaar niveau te beperken.

Als algemene regel geldt dat maatregelen die niet aanwezig zijn of criteria waaraan niet voldaan zijn, beschouwd worden als tekortkomingen. Van deze regel wordt afgeweken indien de afwezigheid van een maatregel gecompenseerd wordt door één of meerdere alternatieve maatregelen (al dan niet opgenomen in de checklist) die een gelijkwaardig niveau van risicoreductie garanderen.

Een aantal algemene veiligheidsaspecten worden behandeld op niveau van elke installatie in haar geheel via de aandachtspunten bij installaties.

Na de toepassing van de checklist wordt door de inspecteur(s) een rapport opgesteld met de vastgestelde tekortkomingen. Een termijn wordt afgesproken waarbinnen de onderneming een actieplan zal opmaken om de vastgestelde tekortkomingen te corrigeren. De uitvoering van dat actieplan zal uiteraard ook door de inspecteurs worden opgevolgd.

Indien het aantal en de aard van opmerkingen toelaat om onmiddellijk na de toepassing van de checklist al corrigerende acties vast te leggen, zal geen rapport met tekortkomingen worden overgemaakt maar onmiddellijk een bevestiging van de afgesproken acties.

Referenties

Deze checklist werd opgesteld op basis van de volgende gepubliceerde aanbevelingen.

- [1] **API RP 941 Steels for hydrogen service at elevated temperatures and pressures in petroleum refineries and petrochemical plants**, january 1997 (5th Edition), American Petroleum Institute (API).
- [2] **API Std 620 Design and construction of large, welded, low-pressure storage tanks**, february 1996 (9th Edition), American Petroleum Institute (API).
- [3] **Appareils à pression fixes dans lesquels est emmagasiné de l'hydrogène gazeux**, Prescriptions de sécurité types, ITM-CL 155.1, Ed. 13 août 1999, Gouvernement Luxembourgeois.
- [4] **KB van 13 juni 1999 tot uitvoering van de richtlijn van het Europees Parlement en van de Raad van de Europese Unie van 29 mei 1997 inzake onderlinge aanpassing van de wetgevingen der Lid-Statens betreffende drukapparatuur**
- [5] **art. 52 ARAB** (Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming)
- [6] **art. 359 ARAB**
- [7] **art. 363bis ARAB**
- [8] **BCGA CP 8 The safe storage of gaseous hydrogen in seamless cylinders and similar containers**, 1986, *British Compressed Gases Association (BCGA)*
- [9] **Braker, William end Allen L. Mossman, Matheson Gas Data Book (Sixth Edition)**. Lyndhurst, NJ: Matheson, 1980.
- [10] **CGA G-5 Hydrogen**, 1991, *Compressed Gas Association, Inc.*
- [11] **CGA G-5.4, Standard for Hydrogen Piping at Consumer Locations**, 1992, *Compressed Gas Association, Inc.*
- [12] **CGA G-5.5 Hydrogen Vent Systems**, 1996, *Compressed Gas Association, Inc.*
- [13] **Comment travailler en toute sécurité avec les liquides cryogéniques?**, 27 novembre 1997, Centre Canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST)
- [14] **Données sur la sécurité de matière chimique: Hydrogène**, Matheson Gas Products, révision du 7/11/1997, les services de la santé au travail, Inc.
- [15] **Dr. Werner Zittel, Reinhold Wurster, Hydrogen in the Energy Sector**, 1996, HyWeb Knowledge, <http://www.hydrogen.org/knowledge/W-i-energie-eng.html>
- [16] **F.P. Lees, Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control**, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, 1996.

- [17] **Fiche de sécurité: Hydrogène réfrigéré**, Air Liquide S.A., Version 1, 11.11.00
- [18] **Fiche de sécurité: Hydrogène**, Air Liquide S.A., Version 1, 11.11.00
- [19] **Fiche signalétique Hydrogène**, BOC GAZ, révision 99-06-01
- [20] **Hydrogène propriétés**, 2001, <http://www.airliquide.com/fr/business/products/hydrogen>
- [21] **Material Safety Data Sheet for Hydrogen (H₂)**, Voltaix, Inc. MSDS Document Number – H000 (revision dated 03 sept 96)
- [22] **Matheson Guide to safe handling of compressed gases**, Third Printing, 1983 Matheson Gas Products, Inc.
- [23] **NFPA 50A: Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites**, Edition 1999
- [24] **NFPA 50B: Standard for Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites**, Edition 1999
- [25] **AREI** (Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties)
- [26] **Safetygram – 4 Gaseous Hydrogen**, Air Products and Chemicals, Inc., 2000
- [27] **Safetygram – 9 Liquid Hydrogen**, Air Products and Chemicals, Inc., 2000
- [28] **The Accident Database CD-ROM**, The Institution of Chemical Engineers (IChemE), 1997
- [29] **Wade A. Amos, Costs of storing and Transporting Hydrogen**, National Renewable Energy Laboratory, November 1998
- [30] **EIGA DOC 06/02/E: Safety in storage, handling and distribution of liquid hydrogen**, European Industrial Gases Association.
- [31] **IGC DOC 15/96: Gaseous hydrogen stations**, European Industrial Gases Association
- [32] **IGC DOC/59/98/E: Prevention of excessive pressure in cryogenic tanks during filling**, European Industrial Gases Association.
- [33] **IGC DOC 63/99/E: Prevention of tow-away accidents**, European Industrial Gases Association.
- [34] **IGC Doc 24/02/E: Vacuum insulated cryogenic storage tank systems pressure protection devices**, European Industrial Gases Association.
- [35] **NSS 1740.16: National Aeronautics and Space Administration Safety Standard for Hydrogen and Hydrogen Systems: Guidelines for Hydrogen System Design, Materials Selection, Operations, Storage and Transportation**, Office of Safety and Mission Assurance, Washington, DC 20546

*Deze checklist is een document van de
Directie van de chemische risico's
Algemene directie toezicht op het welzijn op het werk
FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal overleg
crc@meta.fgov.be*

*Eindredactie: ir. Peter Vansina
Auteurs: ir. Brigitte Gielens
Vertaling : ir. Martine Mortier*

*Deze checklist wordt ter beschikking gesteld via de website van de FOD Werkgelegenheid,
Arbeid en Sociaal overleg (www.meta.fgov.be)*

BIJLAGE 1

PLANOP analyse van de installaties


Inhoudstafel

Checklist: Waterstof



Directie van de chemische risico's

Opslag en verlading van samengedrukte waterstof	1
<i>Opslag in vaste houders</i>	3
Drukhouder	3
<i>Leidingen</i>	19
Leidingen met samengedrukte waterstof	19
Waterstofcompressor	27
<i>Verlading</i>	32
Verlading van tube-trailers of spoorwagens	32
Vullen en opslaan van waterstofflessen	44
<i>Opslag van flessen</i>	46
Waterstoffles (opslag)	46
<i>Vulstation voor waterstofflessen</i>	53
Waterstoffles (vulstation)	53
Opslag en verlading van vloeibare waterstof	62
<i>Opslag in cryogene houders</i>	64
Cryogene houder	64
<i>Leidingen</i>	83
Leidingen met vloeibare waterstof	83
<i>Verlading</i>	93
Verlading van (spoor)tankwagens	93
<i>Verdamping van vloeibare waterstof</i>	106
Verdamper	106

<p>Installatie</p> <p>Opslag en verlading van samengedrukte waterstof</p>	
	<p>Directie van de chemische risico's</p>

1. Beschrijving

2. Secties en onderdelen

Opslag in vaste houders

Drukhouder

Leidingen

Leidingen met samengedrukte waterstof

Waterstofcompressor

Verlading

Verlading van tube-trailers of spoorwagons

3. Aandachtspunten

Verlichting en noodverlichting

- Ter hoogte van de verlaadposten
- Explosie veilig of opgesteld buiten de explosiezone.

Ref. [26], [31], [35].

Toegangscontrole

- Omheining rond de onderneming:
- voldoende hoog (2 m)
 - aanduiding van toegangsverbod
 - toegangscontrole
 - niet-gecontroleerde deuren en poorten op slot.

Ref. [3], [35]

Toegankelijkheid voor interventie

- Toegang tot de houders en de verlaadstations:
- vastgelegd in overleg met de brandweer
 - via 2 verschillende richtingen (om de toegang te verzekeren bij verschillende windrichtingen)
 - breed genoeg om interventievoertuigen door te laten (6 m voor 2-richtingsverkeer of 4 m voor éénrichtingsverkeer)
 - geen niet-gesignaleerde doodlopende straten (als onvermijdelijk dan draai-mogelijkheid op het einde)
 - een vrije hoogte van ten minste 4,2 m (bv. onder pijpenbruggen)

Ref. [23], [31]

Zonering

Waterstof is een gas die tot de groep IIC, temperatuursklasse T1 behoort.

De zonering is:

- actueel (daterend van na de laatste aanpassingen)
- ondertekend door de Technische inspectie
- keuringsverslag van de elektrische installatie door een erkend organisme (min. 5-jaarlijks).

Inplanting

De afstand tot volgende installaties is groot genoeg om domino-effecten te vermijden:

- elke naburige eigendom
- tanks met ontvlambare vloeistoffen of gassen
- gebouwen
- verlaadstations
- installaties waar met ontvlambare producten wordt gewerkt
- fragiele en hoge structuren

Deze afstanden zijn bepaald op basis van een risicoanalyse of een erkende code (zie bijlage 2)

Het is verboden om installaties waar met waterstof wordt gewerkt te plaatsen onder hoogspanningslijnen.

Ref. [3], [23], [26], [31], [35]

Constructie van de tanks en de leidingen

Constructie is gebeurd volgens een constructie standaard.

De houders en toebehoren in gebruik genomen na 29/5/2002 moeten beschikken over een CE-markering en een EG-verklaring van overeenkomst conform de richtlijn drukapparatuur.

Ref. [4], [23], [31], [35]

Signalisatie van tanks

Aanduiding op elke houder van:


- het nummer van de houder
- de naam van het opgeslagen gas: waterstof
- de gevarensymbolen
- het inhoudsvermogen

Signalisatie van leidingen

Aanduiding van:

- stroomrichting
- aanwezige stof
- vloeibaar of gasvormig

Ref. [31], [35]

Onderdeel Drukhouder	
	Directie van de chemische risico's

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van samengedrukte waterstof

Sectie: Opslag in vaste houders

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Interne explosie
- Warmte-input van externe brand
- Voedingsdruk

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Impact van voertuigen
- Verzakking

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

- Aanwezigheid van waterstof
- Externe corrosieve condities

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

- Externe brand

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Breuk of lek aan opslagtank

Verspreiding

- Vorming explosieve wolk

Impact

- Ontsteking
- Brand
- Explosie

2. Kansenbronnen en maatregelen

Interne explosie

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: hoge druk

Bij het (her) indienststellen van een opslagtank.

Oorzaken:

EN C1 Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer

C1.1 Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig) (M1)

EN C2 Aanwezigheid van een inwendige ontstekingsbron

C2.1 Ontlading statische elektriciteit (M2)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Voorafgaand spoelen van de opslagtank

Om voorafgaande aanwezigheid van zuurstof en lucht te vermijden voor het inbrengen van waterstof.

Ref. [26], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

M2 Aarden van de opslagtank

Ref. [3], [26], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Ontlading statische elektriciteit

Inspectie

Opgenomen in een inspectieprogramma

Warmte-input van externe brand

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

- OF C1 Brand in omgeving van opslagtank (M5)
 - OF C1.1 Brand ter hoogte van pompen of compressoren
Pompen en compressoren zijn lekgevoelige punten
 - OF C1.2 Brandbaar materiaal aanwezig
 - OF C1.2.1 Aanwezigheid van brandbaar afval (M3)
 - OF C1.2.2 Aanwezigheid van droog gras, struikgewas (M2)
- OF C2 Brand onder de opslagtank (M4)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Veiligheidsklep

Een veiligheidsklep kan enkel als maatregel tegen een kansenbron aanvaard worden als kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de betrokken kansenbron.

De berekeningen geven:

- de vereiste capaciteit voor de betrokken kansenbron
- de effectieve capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep

Ref. [3], [23], [26], [31], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Afblaaslocatie

De afblaaslijnen van de veiligheidskleppen moeten in de open lucht afblazen (vooral indien de apparatuur zich binnen een gebouw situeert) en in ieder geval volgens een bepaalde richting, op een plaats en een voldoende hoogte om alle gevaar te vermijden.

Ref. [3], [23], [31], [35]

Waterophoping in de afblaaslijn

De afblaaslijnen van de veiligheidskleppen moeten zo geconstrueerd of geplaatst zijn dat er geen vochtigheid in kan ophopen en vastvriezen zodat de goede werking van de kleppen in gevaar komt (blokkering door ijsvorming, hydrostatische druk van het water).

Ref. [23], [31], [35]

Ontstekingsbron in de afblaaslijn

Om specifieke ontstekingsrisico's wegens roest te vermijden, zijn koperlegeringen of roestvaste stalen het best geschikt voor afblaaslijnen.

Ref. [3], [31]

Verbinding met te beveiligen ruimte

Verbinding met te beveiligen ruimte is verzekerd:

- ofwel geen handklep aanwezig om veiligheidsklep af te sluiten
- ofwel sleutelsysteem dat de open positie van de handklep verzekert.

Ref. [35]

Betrouwbaarheid

De veiligheidskleppen zijn opgenomen in een periodiek inspectieprogramma.

Invloed op een oorzaak

M2 Afwezigheid brandbare begroeiing

Er wordt geen gebruik gemaakt van oxiderende onkruidbestrijdingsmiddelen (bv. natriumchloraat).

Ref. [23], [26], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Aanwezigheid van droog gras, struikgewas

M3 Periodieke inspecties op aanwezigheid brandbare rommel

Ref. [23], [26]

Laag: Controle

Type: Inspectie & onderhoud

Invloed op oorzaak: Aanwezigheid van brandbaar afval

M4 Positie ten opzichte van grondniveau

- Opslag gesitueerd op een hoger gelegen niveau dan de opslag van ontvlambare vloeistoffen of vloeibaar gemaakte zuurstof (als de afstand tussen beide kleiner is dan 15 m)

- Als de opslag toch gelegen is op een niveau dat lager is 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 opslagtanks kunnen lopen (als de afstand tussen beide kleiner is dan 15 m)

Ref. [23], [26], [31], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand onder de opslagtank

M5 Beschermingsmuren of beschermingsdaken

Geconstrueerd uit onbrandbare materialen of moeilijk brandbare materialen.

Ref. [23], [26], [31], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand in omgeving van opslagtank

Voedingsdruk

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Alle uitgaande leidingen afgesloten

EN C2 Compressor voedt opslagtank

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Drukverlagingsstelsel, namelijk ontspanners

In het geval de drukhouder ontworpen is voor lage druk of dat de vulling van de drukhouder gebeurt vanop een tube-trailer of een ander systeem op hoge druk.

De vastgelegde druk mag niet hoger zijn dan de ontwerpdruk van de drukhouder ontworpen voor lage druk.

Ref. [31].

Laag: Controle

Type: Passief

M2 Veiligheidspressiostaat ter hoogte van de ontspanners

Actie:

- sluit de afsluitkleppen

Ref. [31].

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Invloed op de werkingskarakteristiek

M3 Drukmeting met alarm

Ref. [3], [23]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

M4 Veiligheidsklep

Een veiligheidsklep kan enkel als maatregel tegen een kansenbron aanvaard worden als kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de betrokken kansenbron.

De berekeningen geven:

- de vereiste capaciteit voor de betrokken kansenbron

- de effectieve capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep

Ref. [3], [23], [26], [31], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Aandachtspunten :zie kansenbron warmte-input externe brand

Impact van voertuigen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Impact

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Geen interne of externe verkeerswegen in de nabijheid van de opslagtank

De te volgen verkeerswegen zijn aangegeven op de site.

Laag: Proces

Type: Passief

M2 Snelheidsbeperking

Laag: Controle

Type: Procedureel

M3 Vangrails

Ref. [31], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Verzakking

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Complexe spanningen

Oorzaken:

C1 Onstabiele grond

C1.1 Opgespoten grond

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Stabiele fundering

De stabiliteit is aan te tonen via berekeningen.

Ref. [23], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op de werkingskarakteristiek

M2 Meetprogramma om verzakking op te volgen

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Aanwezigheid van waterstof

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

Beschrijving:

Aard van de aantasting: waterstofbrosheid

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Omhulling uit corrosiebestendig materiaal

- De koolstofstalen zijn af te raden voor drukken groter dan 10 bar.
 - Verhoging van de weerstand van staal tegen waterstofbrosheid door toevoeging van geschikte legeringselementen (bv. CrMo staal).
 - Keuze van het materiaal volgens de standaard "API 941 Steels for hydrogen services at elevated temperatures and pressure in petroleum refineries and petrochemical plants" .
- Ref. [1], [3], [16], [23], [31], [35]

Laag: Omhulling

Type: Passief

Externe corrosieve condities

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Corrosie

Oorzaken:

OF C1 Blootstelling aan atmosferische condities

OF C2 Accumulatie van vocht ter hoogte van ondersteuning (M2)

Typisch bij horizontale opslagtanks

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Uitwendige inspectie van de opslagtank

Opgenomen in een inspectieprogramma.

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Instructies

De uitvoering van de inspecties is opgenomen in instructies. De ondersteuning van horizontale opslagtanks worden ook geïnspecteerd.

Invloed op een oorzaak

M2 Ondersteuning ontworpen om accumulatie van water te vermijden

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Accumulatie van vocht ter hoogte van ondersteuning

Externe brand

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Vloeiing

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan opslagtank

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Ondersteuning hebben een brandweerstand van 2 uur

Mogelijke oplossingen:

- ondersteuning in beton

- brandwerende isolatie

Ref. [3], [23], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

M2 Waterkoeling van de ondersteuning

De koeling van de ondersteuning moet zodanig zijn dat een brandweerstand van 2 uren bekomen wordt.

Laag: Beveiliging

Type: Blussystemen

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Breuk of lek aan opslagtank

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Waterstofdetectie

Acties:

- geeft alarm op permanent bemande plaats bij 20 à 25% LEL
- sluit afsluitkleppen

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Plaatsing detectoren

- volledig rond de opslaghouders

Betrouwbaarheid

De calibratie van de meetkoppen is opgenomen in een onderhoudsprogramma.

M2 Inbloksysteem opslagtank

Activatie:

- door noodstop verlading
 - door noodstop in controlekamer (of andere permanent bemande plaats)
 - door waterstofdetectie.
- Ref. [3], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Brandbestendigheid afsluitklep

- aangetoond via testcertificaat
- de pakkingen tussen de opslagtank en de afsluitkleppen zijn eveneens brandbestendig of de flens is dichtgelast.

Plaatsing afsluitklep

Zo dicht mogelijk tegen de opslagtank of in de opslagtank

Betrouwbaarheid

het inbloksysteem van de opslagtank is opgenomen in een inspectieprogramma.

Signalisatie van de afsluitkleppen

Positie-aanduiding (open/toe)

Fail safe positie van de afsluitklep

- Fail safe is gesloten.

Bv. Het wegsmelten van de luchttoevoerleiding plaatst deze kleppen in een veilige positie.

M3 Terugslagklep

Ref. [3], [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Zelfwerkende afsluiters

Betrouwbaarheid

Opgenomen in een inspectieprogramma.

M4 Excess-flow valve in de afvoerleiding

Ref. [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Zelfwerkende afsluiters

Betrouwbaarheid

Opgenomen in een inspectieprogramma

Plaatsing

Zo dicht mogelijk tegen de opslagtank

Vorming explosieve wolk

Verspreiding

Beschrijving:

Details:

D1 Onvoldoende ventilatie (M1;M2)

Maatregelen:

M1 Installatie in de open lucht

Ref. [3], [23], [26], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op detail: Onvoldoende ventilatie

M2 Ventilatie

Als de opslagtank geïnstalleerd is in een apart gebouw, moet er ventilatie verzekerd zijn.

Ref. [3], [23], [26], [31], [35] (opslag onder druk)

Ref. [13], [17], [24], [27], [31], [35] (cryogene opslag)

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op detail: Onvoldoende ventilatie

Plaatsing van de lucht toe- en afvoer

- De luchttoevoerplaatsen moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in de buitenmuren.
- De luchtafvoerplaatsen moeten gesitueerd zijn ter hoogte van het hoogste punt van het lokaal in de buitenmuren of in het dak.

Oppervlak van de lucht toe- en afvoer

De lucht toe- en afvoerplaatsen moeten elk een oppervlak hebben van minimaal $1 \text{ m}^2/305 \text{ m}^3$ volume van het lokaal.

Ontsteking

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Open vlam (M6)
- OF D2 Elektrische vonken
 - OF D2.1 Statische oplading (M1;M2;M3)
 - OF D2.2 Elektrische apparatuur (M4;M5)
- OF D3 Mechanische vonken (M7)

Maatregelen:

- M1 Vloerbekleding voldoende geleidend
Voldoende geleidend: onbehandeld beton
Onvoldoende geleidend: asfalt, epoxyharsen.
Ref. [31], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Statische oplading
- M2 Het dragen van antistatisch schoeisel
- voor eigen personeel
- voor derden (bv. vrachtwagenchauffeurs)
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Statische oplading
- M3 Aarden van de opslagtank
Ref. [3], [26], [31], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Statische oplading
Inspectie
Opgenomen in een inspectieprogramma
- M4 Elektrische installatie explosie veilig uitgevoerd
Ref. [3], [23], [26], [31], [35] (opslag onder druk)
Ref. [24], [27], [30], [35] (cryogene opslag)
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Elektrische apparatuur
Zoneringsplan voor het betrokken onderdeel
- goedgekeurd door de Technische inspectie
- actueel
Verslag elektrische keuring voor het betrokken onderdeel
- Laagspanning: 5-jaarlijks tenzij anders vermeld op het laatste keuringsverslag
- keuringsverslag vermeldt geen inbreuken
- M5 Verbod op gebruik GSM's, radio's en ander mobiele niet Ex-apparatuur
- aangeduid ter plaatse met pictogram
- aangeduid aan de ingang van het terrein
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Elektrische apparatuur
- M6 Rookverbod en verbod open vlam
- aangeduid ter plaatse met pictogram
- aangeduid aan de ingang van het terrein
Ref. [3], [23], [26], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Open vlam

M7 Gebruik vonkvrij gereedschap

Ref. [9], [22], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Procedureel

Invloed op detail: Mechanische vonken

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Branddetectie

Vooraf wanneer de installatie van op afstand bediend wordt.
Ref. [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

M2 Vaste blussystemen

- monitoren
 - hydranten
 - besproeiingssysteem dat manueel kan bediend worden van op een veilige afstand of automatisch door branddetectie (min. 8,14 l/min.m² blootgesteld oppervlak)
- Ref. [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Blussystemen

Voorraden bluswater

- voldoende groot waterreservoir en/of natuurlijke reserve (kanaal, stroom,...)
- aanzuigpunt voor bluswater is beschermd tegen inname van brokstukken
- regelmatige controle van de voorraden bluswater
- reservepompen, die ook bij elektriciteitsuitval werken (diesel)

Bescherming van de blussystemen

Bescherming blusmiddelen tegen:

- corrosie
 - kathodische bescherming
 - beschermende verflaag
- vorst: voldoende diep ingegraven, verwarmd, droog systeem,...
- tegen mechanische schade van wegverkeer
- brand/explosie:
 - brandweerstation, bluswaterpompen gesitueerd:
 - buiten elke gevaarlijke zone
 - min. 30 m van dichtste brandrisico
 - in een explosie- en brandbestendig gebouw ondergebracht
 - leidingen beschermd tegen gevolgen van een explosie

Het bluswaternet is in lus(sen) aangelegd en voorzien van sectiekranen.

Inspectie van brandbestrijdingsmiddelen

- volgens een inspectieprogramma
- inspecties worden geregistreerd
- inspectieprogramma omvat o.a.:
 - bluswaterpompen (werking, dieselvoorraad) (wekelijks)
 - sprinklerinstallatie (maandelijks)

Signalisatie

Bluswaterleidingen en hydranten zijn rood geverfd.

Dimensionering

Brandbestrijdingsmiddelen vastgelegd in samenwerking met de brandweer (verslag).

M3 Draagbare blusapparaten

- gebruik van blusapparaten met droog poeder of CO2 blussers, stikstof en stoom om kleine waterstofbrandjes te blussen.
 - strategisch opgesteld
- Ref. [26] (gasvormige waterstof), [27], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Blussystemen

Opleiding

Werknemers krijgen periodiek training in het gebruik van draagbare blusapparaten.

Inspectie en onderhoud

- De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- of onderhoudsprogramma.
- maandelijkse visuele controle op aanwezigheid en goede staat
 - jaarlijkse controle

M4 Interventiestrategie

- Proberen waterstoflek te stoppen, anders risico van herontsteking of explosie
 - De naburige apparatuur met grote waterhoeveelheden besproeien (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, de ventilatie verhogen om te vermijden dat een explosieve atmosfeer kan ontstaan. Men kan een watergordijn gebruiken om ventilatie te creëren.
- Ref. [3], [26], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Procedureel

Explosie

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:


M1 Zwakke wand

Indien een opslagtank opgesteld staat in een apart gebouw, moeten de buitenmuren geconstrueerd zijn in een licht materiaal of uit panelen gemaakt om los te raken bij een interne explosie van maximaal 13,3 kPa/m².

Ref. [23], [26], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

<p>Onderdeel</p> <p>Leidingen met samengedrukte waterstof</p>	 <p>Directie van de chemische risico's</p>
---	---

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van samengedrukte waterstof

Sectie: Leidingen

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Impact van voertuigen
- Bovengrondse belasting op ondergrondse leiding

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

- Aanwezigheid van waterstof
- Externe aanwezigheid van corrosieve condities

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

- Externe brand

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

- Flensverbindingen

Lijst vrijzettingstappen:

2. Kansenbronnen en maatregelen

Impact van voertuigen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Impact

Oorzaken:

Vrijzettingsstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Geen interne of externe verkeerswegen in de nabijheid van de leidingen

Laag: Proces

Type: Passief

M2 Snelheidsbeperking

Laag: Controle

Type: Procedureel

M3 Vangrails

Ref. [31], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Bovengrondse belasting op ondergrondse leiding

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Externe druk

Oorzaken:

OF C1 Verkeer boven ondergrondse leiding (M2)

OF C2 Opslag boven ondergrondse leiding (M3)

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Diepte of afscherming aangepast aan bovengrondse belasting

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op een oorzaak

M2 Geen verkeer boven ondergrondse leiding

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Verkeer boven ondergrondse leiding

M3 Geen opslag boven ondergrondse leiding

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Opslag boven ondergrondse leiding

Aanwezigheid van waterstof

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Waterstofbrosheid

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Omhulling uit corrosiebestendig materiaal

- De koolstofstalen zijn af te raden voor drukken groter dan 10 bar.
- Verhoging van de weerstand van staal tegen waterstofbrosheid door toevoeging van geschikte legeringselementen (bv. CrMo staal).
- Keuze van het materiaal volgens de standaard "API 941 Steels for hydrogen services at elevated temperatures and pressure in petroleum refineries and petrochemical plants" .
Ref. [1], [3], [16], [23], [31], [35]

Laag: Omhulling

Type: Passief

Externe aanwezigheid van corrosieve condities

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Corrosie

Oorzaken:

OF C1 Leiding blootgesteld aan atmosferische corrosieve condities (M3)

OF C2 Leiding blootgesteld aan ondergrondse corrosieve condities

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Inspectie uitwendige omhulling leidingen

Opgenomen in een inspectieprogramma

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Instructies

De uitvoering van de inspecties is opgenomen in de instructies. De ondersteuning van leidingen worden mee geïnspecteerd.

M2 Kathodische protectie

Laag: Beveiliging

Type: Passief

Invloed op een oorzaak

M3 Beschermende verflaag

Laag: Omhulling

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Leiding blootgesteld aan atmosferische corrosieve condities

Externe brand

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Daling treksterkte door stijging temperatuur

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Leidingen voldoende ver van potentiële brandhaarden

Geen potentiële brandhaarden onder pijpenbruggen, zoals:

- verlaadposten

- containers met brandbaar afval (karton, verpakkingen, enz.)

Laag: Proces

Type: Passief

Flensverbindingen

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

Beschrijving:

Aard van het zwak punt: Lekgevoelig punt

Oorzaken:

OF C1 Flensverbinding slecht aangespannen

OF C2 Aantasting of veroudering pakkingsmateriaal

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Geen ondergrondse flensverbindingen


Onder de grond uitsluitend gelaste verbindingen. Boven de grond zo veel mogelijk gelaste verbindingen.

Ref. [3], [23], [31], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

3. Vrijzettingsstappen en maatregelen

Onderdeel Waterstofcompressor	
	Directie van de chemische risico's

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van samengedrukte waterstof

Sectie: Leidingen

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Interne explosie
- Voedingsdruk

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Breuk of lek van de compressor

2. Kansenbronnen en maatregelen

Interne explosie

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer

C1.1 Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig) (M1;M2)

C1.1.1 Drukverlies en lek naar de atmosfeer (M3)

EN C1.1.1.1 Drukverlies

EN C1.1.1.2 Lek

EN C2 Aanwezigheid van een ontstekingsbron (M6)

OF C2.1 Hot spot (M4;M5)

OF C2.1.1 Oververhitting van de lagers

OF C2.2 Temperatuur gelijk aan de zelfontstekingstemperatuur

Vrijzettingsstappen:

Breuk of lek van de compressor

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Voorafgaand spoelen compressor voor starten compressor

Om voorafgaande aanwezigheid van zuurstof en lucht te vermijden voor het inbrengen van waterstof.

Men dient een reiniging met inert gas te voorzien, daarna een reiniging met waterstof. Om dit te verwezenlijken moet er een klep aanwezig zijn tussen de afsluitklep aan de ingang van de compressor en de aanzuiging om het doorblazen van het installatie-onderdeel toe te laten.

De gebruikte stikstofdruk is normaal niet lager dan het gemiddelde tussen de ontwerpdruk en de aanzuigdruk.

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 zuigkant wordt geopend.

Samengedrukte waterstof wordt nog doorgeblazen totdat de concentratie aan inert gas gereduceerd is tot een aanvaardbaar niveau.

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

M2 Meten van de zuurstofconcentratie in de waterstof

Vooraf indien de waterstof afkomstig is van een bron bij lage druk of als er de mogelijkheid bestaat dat er contaminatie van zuurstof is.

Actie:

- automatisch stoppen van de compressor indien de concentratie van zuurstof 1 vol % bedraagt.

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

Plaatsing

Juist voor het aanzuigpunt van de compressor.

- M3 Meten van de aanzuigdruk met alarm
Actie:
- stopt de compressor voordat de aanzuigdruk de atmosferische druk bereikt.
Ref. [31]
Laag: Beveiliging *Type: Veiligheidskring*
Invloed op oorzaak: Drukverlies en lek naar de atmosfeer
- M4 Meten van de temperatuur van waterstof aan de perszijde met alarm
Gesitueerd na elk lager (of na de koeling tussen elke trap)
Actie:
- stopt de compressor wanneer een vooraf ingestelde maximale temperatuur bereikt wordt.
Ref. [31]
Laag: Beveiliging *Type: Veiligheidskring*
Invloed op oorzaak: Hot spot
- M5 Interlock op het koelwater na elk lager
Alarm op de druk of het debiet van het water in het koelwatersysteem.
Actie:
- stopt de compressor bij een lage druk/laag debiet.
Ref. [31]
Laag: Beveiliging *Type: Veiligheidskring*
Invloed op oorzaak: Hot spot
- M6 Interlock op lage druk/laag debiet inert gas ter hoogte van de elektrische motor
Te voorzien indien de elektrische motor en andere hulpapparatuur van de compressor onder een inerte gasdruk gehouden worden (bv. stikstof).
Alarm + actie:
- stopt de motor en de hulpapparatuur
Ref. [31]
Laag: Beveiliging *Type: Veiligheidskring*
Invloed op oorzaak: Aanwezigheid van een ontstekingsbron

Voedingsdruk

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

OF C1 Uitgangsklep gesloten

OF C2 Opblokkingen in de uitgangsleiding

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van de compressor

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Interlock bij hoge druk stopt de compressor

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

M2 Veiligheidsklep ter hoogte van elke druktrap

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Breuk of lek van de compressor

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

D1 In een afvoerleiding (M3)

D2 In een toevoerleiding

Maatregelen:

M1 Afsluitklep ter hoogte van de perszijde

Voor systemen bij hoge druk (honderden bars).

Aangesproken:

- door meten van te lage druk aan de perszijde van de compressor

- noodstop in de controlekamer (stopt eveneens de compressor)

Laag: Schadebeperking

Type: Zelfwerkende afsluiters

M2 Detectie van waterstof ter hoogte van de compressor

Actie:

- geeft alarm in een permanent bemand lokaal bij 25% LEL.

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Plaatsing van de detectoren

- volledig rond de compressor

Betrouwbaarheid

De calibratie van de meetkoppen is opgenomen in een onderhoudsprogramma.

M3 Terugslagklep aan de perszijde

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Zelfwerkende afsluiters

Invloed op detail: In een afvoerleiding

<p>Onderdeel</p> <p>Verlading van tube-trailers of spoorwagens</p>	 <p>Directie van de chemische risico's</p>
--	---

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van samengedrukte waterstof

Sectie: Verlading

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Voedingsdruk
- Interne explosie
- Warmte-input van externe brand

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Beweging van aangekoppelde voertuigen

Openingen in de omhulling

Tijdelijke openingen naar de atmosfeer

- Aansluitpunt voor flexibels of laadarmen

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

- Flexibels

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Breuk of lek van tijdelijke verbinding
- Breuk of lek van de tube-trailer of spoorwagon

Impact

- Ontsteking
- Brand

2. Kansbronnen en maatregelen

Voedingsdruk

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

C1 Overvulling

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van de tube-trailer of spoorwagon

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Duidelijke verladingsprocedure

Laag: Controle

Type: Procedureel

M2 Meten van de druk 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.

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Interne explosie

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer

OF C1.1 Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig) (M1)

EN C2 Aanwezigheid van een inwendige ontstekingsbron

OF C2.1 Ontlading statische elektriciteit (M2;M3)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van de tube-trailer of spoorwagon

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Doorblazen van de flexibels en de aansluitpunten

Het doorblazen dient opgenomen te zijn in de verlaadprocedure.

Men dient een reiniging met inert gas te voorzien, daarna verschillende reinigingen met waterstof. Om dit te verwezenlijken moet er een klep aanwezig zijn die een verbinding met de open lucht maakt om de aansluiting te maken om het doorblazen van de leidingen mogelijk te maken tussen de tube-trailer/spoorwagon en de toegangsklep.

Ref. [3], [26], [31], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

M2 Plaatsing van een equipotentiaalverbinding

De plaatsing van een equipotentiaalverbinding dient opgenomen te zijn de verlaadprocedure.

Tussen de tube-trailer of de spoorwagon en de vaste installatie.

Ref. [3], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Ontlading statische elektriciteit

M3 Voldoende geleidende flexibels

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Ontlading statische elektriciteit

Warmte-input van externe brand

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

OF C1 Brand in nabijgelegen installatie

OF C2 Brand door lek aan tube-trailer/spoorwagen

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van de tube-trailer of spoorwagon

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Delugesysteem verlaadinstallatie
Kan manueel geactiveerd worden.
Ref. [35]

Laag: Beveiliging

Type: Blussystemen

Beweging van aangekoppelde voertuigen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Trekkrachten (en andere)

Oorzaken:

OF C1 Vertrek van een aangekoppeld voertuig (M3;M4;M5;M6)

OF C2 Aanrijding van aangesloten voertuig door ander voertuig (M1;M2)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Geen intern verkeer nabij de verlaadplaats

Ref. [3]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Aanrijding van aangesloten voertuig door ander voertuig

M2 Verlaadplaats aangeduid als zone met parkeerverbod

Ref. [3], [31]

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Aanrijding van aangesloten voertuig door ander voertuig

M3 Plaatsing van wielblokken

Opgenomen in de verlaadprocedure.

Ref. [23]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

M4 Handrem opgetrokken tijdens de verlading

Opgenomen in de verlaadprocedure.

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

M5 Chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer

Een alternatief bestaat erin te verbieden dat de motorwagen aangekoppeld is tijdens de verlading en in het plaatsen van een ketting na de oplegger.

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

M6 Interlock op de toegang van de verladingsverbinding

Verbonden met:

1) ofwel de activatie van de rem: dit systeem omvat een dispositief gekoppeld aan het remcircuit en wordt geactiveerd door de chauffeur/operator wanneer deze toegang wil hebben tot de verladingsverbindingen. Het dispositief moet:

- blokkeren van het openen van de deuren van de kast met leidingen en/of
- blokkeren van de toegang tot de verladingsverbindingen en/of
- wordt geactiveerd indien de deuren van de kast open zijn.

De beweging van het dispositief activeert de remmen of verhindert dat de remmen losgelaten worden. Op het einde van de operatie moet de chauffeur/operator eerst de flexibel ontkoppelen voordat het dispositief terug op nul kan gezet worden. Het terugzetten op nul van het dispositief laat de remmen los, of laat toe dat de remmen losgelaten worden om het transportvoertuig te laten vertrekken.

2) Of het sluiten van een bareel voor het transportvoertuig. Deze bareel wordt geactiveerd door een speciale onderbreker, geplaatst op de ondersteuning van de verlaadflexibel. Vanaf het moment dat de flexibel verwijderd wordt van zijn steunpunt, sluit de bareel automatisch.

Ref. [33]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

Betrouwbaarheid

Opgenomen in een inspectieprogramma.

Aansluitpunt voor flexibels of laadarmen

Openingen in de omhulling

Tijdelijke openingen naar de atmosfeer

Beschrijving:

Gebruiksfrequentie: Bij de verlading

Oorzaken:

C1 Loskoppelen terwijl er nog waterstof aanwezig is. (M1)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Leegmaken van de tijdelijke verbinding voor ontkoppeling

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 dat de verbinding drukloos is.

Voor het leegdrukken mag geen perslucht gebruikt worden.

Deze operatie is opgenomen in de verlaadprocedure.

Ref. [26]

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Loskoppelen terwijl er nog waterstof aanwezig is.

Flexibels

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

Beschrijving:

Aard van het zwak punt: Gevoelig voor slijtage

Oorzaken:

OF C1 Aantasting wanneer niet in gebruik (M4)

OF C2 Frequent gebruik

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek van tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Lekttest voor elk gebruik

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

M2 Visuele inspectie voor gebruik

Dit omvat onderzoek van de aansluitpunten, de geleidbaarheid en de uitwendige toestand. Dit onderzoek is opgenomen in de verlaadprocedure.

Ref. [3]

Laag: Controle

Type: Procedureel

M3 Periodieke vervanging van de flexibels

Ten laatste 5 jaar na hun fabricatiejaar, tenzij de flexibels nog niet gebruikt geweest zijn.

Ref. [3], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Invloed op een oorzaak

M4 Opbergsysteem voor flexibels

Het gebruik van dit systeem is uiteraard voorzien in de procedures.

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Aantasting wanneer niet in gebruik

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Breuk of lek van tijdelijke verbinding

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

- M1 Permanente aanwezigheid losoperator
Ref. [3], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
- M2 Inbloksysteem tijdelijke verbinding
Langs de kant van de vaste installatie.
Geactiveerd door:
- noodstop
- gasdetectie
- fout aan equipotentiaalverbinding
Ref. [31], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
- M3 Terugslagklep in de verlaadleiding
Langs de kant van de vaste installatie.
Ref. [3], [31]
Laag: Schadebeperking *Type: Zelfwerkende afsluiters*
Betrouwbaarheid
Opgenomen in een inspectieprogramma.
- M4 Terugslagklep op de flexibel
Gesitueerd ter hoogte van de aansluiting van de flexibel met de tube-trailer of spoorwagon.
Laag: Schadebeperking *Type: Zelfwerkende afsluiters*
- M5 Gasdetectie ter hoogte van het verlaadstation
Acties:
- geeft alarm in de controlekamer (of in een permanent bemand lokaal) bij een detectie van 25% LEL
- sluit automatisch de op afstand gestuurde kleppen
- stopt automatisch de compressoren
Ref. [3], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
Betrouwbaarheid
Opgenomen in een inspectieprogramma.
Plaatsing meetpunten
- op strategische plaatsen van het verlaadstation
-
- M6 Noodstop van de verlading
Acties:
- sluit automatisch de van op afstand gestuurde kleppen
- stopt automatisch de compressoren
- geeft een alarm in de controlekamer (of in een permanent bemand lokaal).
Ref. [31]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
Plaatsing
Gesitueerd op de ontruimingwegen

M7 Flexibel vastgemaakt op regelmatige afstand

Om te vermijden dat de flexibel in alle richtingen slingert in geval van een breuk.

Ref. [31], [35]

Laag: Omhulling

Type: Passief

Breuk of lek van de tube-trailer of spoorwagon

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

Ontsteking

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Open vlam (M4)
- OF D2 Elektrische vonken (M5)
 - OF D2.1 Elektrische apparatuur (M8)
 - OF D2.2 Elektrostatistische oplading (M2;M6;M7)
 - OF D2.3 Zwerfstromen (M3)

Maatregelen:

- M1 Gebruik vonkvrij gereedschap
 - Ref. [9], [22], [35]
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Procedureel
- M2 Aarding van spoorwegrails
 - Ref. [31]
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Passief
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M3 Elektrische isolatie van spoorwegrails van de rest van het spoornetwerk
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Passief
 - Invloed op detail: Zwerfstromen
- M4 Rookverbod en verbod open vlam
 - aangeduid ter plaatse met pictogram
 - aangeduid aan de ingang van het terrein
 - Ref. [3], [23], [26], [35]
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Procedureel
 - Invloed op detail: Open vlam
- M5 Vloerbekleding voldoende geleidend
 - Voldoende geleidend: onbehandeld beton
 - Onvoldoende geleidend: asfalt, epoxyharsen.
 - Ref. [31], [35]
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Passief
 - Invloed op detail: Elektrische vonken
- M6 Plaatsing van een equipotentiaalverbinding
 - De plaatsing van een equipotentiaalverbinding dient opgenomen te zijn de verlaadprocedure.
 - Tussen de tube-trailer of de spoorwagon en de vaste installatie.
 - Ref. [3], [35]
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Procedureel
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M7 Het dragen van antistatisch schoeisel
 - voor eigen personeel
 - voor derden (bv. vrachtwagenchauffeurs)
 - Laag:* Schadebeperking *Type:* Procedureel
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading

- M8 Elektrische installatie explosieveilig uitgevoerd
Ref. [3], [23], [26], [31], [35] (opslag onder druk)
Ref. [24], [27], [30], [35] (cryogene opslag)
Laag: Schadebeperking *Type:* Passief
Invloed op detail: Elektrische apparatuur
Zoneringsplan voor het betrokken onderdeel
- goedgekeurd door de Technische inspectie
- actueel
Verslag elektrische keuring voor het betrokken onderdeel
- Laagspanning: 5-jaarlijks tenzij anders vermeld op het laatste keuringsverslag
- keuringsverslag vermeldt geen inbreuken
- M9 Vergrendeling equipotentiaalverbinding
Een interlock die het verladen verhindert zolang de weerstand van de equipotentiaalverbinding te hoog is.
Laag: Schadebeperking *Type:* Veiligheidskring
Invloed op maatregel: Plaatsing van een equipotentiaalverbinding
Betrouwbaarheid
Opgenomen in een inspectieprogramma.

Brand


Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

- M1 Draagbare blusapparaten
- gebruik van blusapparaten met droog poeder of CO2 blussers, stikstof en stoom om kleine waterstofbrandjes te blussen.
- strategisch opgesteld
Ref. [26] (gasvormige waterstof), [27], [35]
Laag: Schadebeperking *Type:* Blussystemen
Opleiding
Werknemers krijgen periodiek training in het gebruik van draagbare blusapparaten.
Inspectie en onderhoud
De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- of onderhoudsprogramma.
- maandelijkse visuele controle op aanwezigheid en goede staat
- jaarlijkse controle
- M2 Branddetectie
Vooraf wanneer de installatie van op afstand bediend wordt.
Ref. [35]
Laag: Schadebeperking *Type:* Veiligheidskring

<h1 style="margin: 0;">Installatie</h1> <h2 style="margin: 0;">Vullen en opslaan van waterstofflessen</h2>	 <p style="margin: 0;">Directie van de chemische risico's</p>
--	--

1. Beschrijving

De industriële flessen zijn beschikbaar in staal met een volume gaande van 2 tot 50 l (overeenstemmend met 0,35 tot 8,9 Nm³ en met een gewicht van 5,3 tot 68 kg) bij een druk van 200 bar.

2. Secties en onderdelen

Opslag van flessen

Waterstoffles (opslag)

Vulstation voor waterstofflessen

Waterstoffles (vulstation)

3. Aandachtspunten

Goede staat van de waterstofflessen

Er is een systematisch nazicht op de toestand van de te vullen flessen:

- of er visuele defecten zijn (uitstulpingen, deuken, barsten, roest)
- of de herkeuringsdatum verstreken is

Flessen in slechte staat of met verstreken keuringsdatum worden verwijderd.

Ref. [22]

Leegmaken van defecte flessen

- Plaatsen van de defecte flessen in de open lucht op een goed verluchte plaats.
- Aanduiding van de aanwezigheid van een dergelijke fles (herhaling van de verbodsbepalingen)
- plaatsen van een drukregelaar (ontspanner) om de fles de ledigen aan een normale snelheid.

Een andere methode bestaat erin om waterstof gecontroleerd te verbranden in een installatie die hiervoor ontworpen is.

Ref. [22]

Signalisatie van de opslagzone

Aanwezigheid van een signalisatie die de aanwezigheid van waterstof weergeeft, die de etikettering weergeeft evenals een verbod om te roken, open vlam te gebruiken en GSM's te gebruiken.

Ref. [22]

Incompatibiliteit

- Het is verboden om waterstofflessen op te slaan samen met zuurstofflessen of andere sterk oxiderende of brandbare producten.
- Men moet elk direct contact met dergelijke oxiderende materialen vermijden bij waterstofflessen of kleppen op deze flessen.

Ref. [9], [14], [18], [21], [22], [26]

Kleurencode voor waterstofflessen

Het ogief van de waterstofflessen moet geschilderd zijn in rood en groen.

De nieuwe kleurencode voor gasflessen volgens norm NBN-EN-1089-3 die van kracht wordt vanaf 1/7/2006 mag nu ook al toegepast worden. Voor waterstofflessen dient het ogief dan geschilderd te zijn in rood met een N erop om aan te tonen dat dit een nieuwe kleur is.

Ref. [6] + bijkomende referentie

<p>Onderdeel</p> <p>Waterstoffles (opslag)</p>	
	<p>Directie van de chemische risico's</p>

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Vullen en opslaan van waterstofflessen

Sectie: Opslag van flessen

De industriële flessen zijn beschikbaar in staal met een volume gaande van 2 tot 50 l (overeenstemmend met 0,35 tot 8,9 Nm³ en met een gewicht van 5,3 tot 68 kg) bij een druk van 200 bar.

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Warmte-input door externe brand (of andere warmtebron)

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Impact van voertuigen of andere toestellen

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Lek of breuk van de fles

Verspreiding

- Vorming van een explosieve wolk in een gebouw

Impact

- Ontsteking
- Brand
- Explosie in het gebouw

2. Kansenbronnen en maatregelen

Warmte-input door externe brand (of andere warmtebron)

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

De uitwendige temperatuur moet beneden de 50°C gehouden worden.

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de fles

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Veiligheidsafstanden met betrekking tot mogelijke externe brandhaarden

Zie bijlage 2.

Ref. [22], [31]

Laag: Proces

Type: Passief

M2 Koeling door middel van sprinklers

Voorals de hoeveelheden gestockeerd op een zelfde plaats belangrijk zijn en als de afstanden ten opzichte van warmtebronnen niet groot zijn.

Geactiveerd door:

- detectie van een vastgelegde verhoogde temperatuur (of een vastgelegde temperatuurstijgingsnelheid)

- manueel

De activatie veroorzaakt een alarm in een permanent bemand lokaal.

Ref. [22], [31]

Laag: Beveiliging

Type: Blussystemen

M3 Weghouden van radiatoren of andere warmtebronnen

Ref. [6], [9], [18], [19], [21], [22], [26], [31]

Laag: Proces

Type: Passief

Impact van voertuigen of andere toestellen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Impact

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de fles

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Opslag verwijderd van intern en extern wegverkeer

Ref. [19], [21], [22], [31]

Laag: Proces

Type: Passief

3. Vrijzettingsstappen en maatregelen

Lek of breuk van de fles

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Waterstofdetectie in het gebouw met alarm

In gebouwen, waar een natuurlijke ventilatie niet mogelijk is, dient de detectie gekoppeld te zijn aan een gedwongen ventilatie.

Ref. [21], [22], [31]

Een alternatief bestaat in het gebruiken van een draagbare detector

Ref. [26]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Betrouwbaarheid

De goede werking wordt periodiek getest (alle maanden)

De hercalibratie heeft ten minste om de 6 maanden plaats.

Plaatsing van de meetpunten

De meetpunten bevinden zich op strategische plaatsen (hoge punten).

Vorming van een explosieve wolk in een gebouw

Verspreiding

Beschrijving:

Details:

D1 Onvoldoende ventilatie (M2)

Maatregelen:

M1 Propagatie van de 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).

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

M2 Voldoende ventilatie garanderen

Ref. [18], [19], [22], [23], [26], [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op detail: Onvoldoende ventilatie

Plaatsing

- de luchtinlaten moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in buitenmuren;

- de luchtuitlaten moeten zo hoog mogelijk in het lokaal voorzien zijn in buitenmuren of in het dak.

Oppervlak

De luchtinlaten en -uitlaten moeten elk een totale oppervlakte hebben van ten minste $1 \text{ m}^2 / 305 \text{ m}^3$ volume van het lokaal.

Ontsteking

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Open vlam (M1)
- OF D2 Warme oppervlakken (M2)
- OF D3 Elektrische vonken (M7)
 - OF D3.1 Elektrostatistische oplading (M3;M4)
 - OF D3.2 Elektrische apparatuur (M5;M6)

Maatregelen:

- M1 Rookverbod en verbod op open vlam
- Aangeduid aan de hand van pictogrammen
Ref. [22], [23], [26], [31], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Open vlam
- M2 Weghouden van radiatoren of andere warmtebronnen
Ref. [6], [9], [18], [19], [21], [22], [26], [31]
Laag: Proces *Type: Passief*
Invloed op detail: Warme oppervlakken
- M3 Vloerbekleding voldoende geleidend
Voldoende geleidend : niet behandeld beton
Onvoldoende geleidend : asfalt, epoxyharsen.
Ref. [22], [31], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M4 Het dragen van antistatisch schoeisel
Ref. [5], [31]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M5 Elektrische installatie is explosie veilig
Ref. [19], [22], [23], [26], [31]
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Elektrische apparatuur
Zoneringsplan voor het opslaggebouw van waterstofflessen
 - goedgekeurd door de Technische inspectie
 - actueel*Inspectieverslag elektrische controle*
 - laagspanning: minsten om de 5 jaar tenzij een andere frequentie werd aangegeven op het laatste inspectieverslag.
 - het inspectieverslag vermeldt geen enkele inbreuk
- M6 Verbod op gebruik GSM's, radio's en ander mobiele niet Ex-apparatuur
- aangeduid aan de hand van pictogrammen.
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Elektrische apparatuur
- M7 Gebruik van vonkvrij gereedschap
Ref. [9], [22]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Elektrische vonken

Brand

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Impact op personen (M3)
- OF D2 Impact op het gebouw (M2)
- OF D3 Impact op de installaties

Maatregelen:

M1 Draagbare blusapparaten

- gebruik van blusapparaten met droog poeder of CO2 blussers, stikstof en stoom om kleine waterstofbrandjes te blussen.
 - strategisch opgesteld
- Ref. [22], [26], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Blussystemen

Opleiding

Werknemers krijgen periodiek training in het gebruik van draagbare blusapparaten.

Inspectie en onderhoud

- De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een periodiek onderhoudsprogramma:
- maandelijks visuele controle op aanwezigheid en goede staat
 - jaarlijkse controle

M2 Brandweerstand van het gebouw

Ref. [19], [22], [23], [26], [31].

De brandweerstand is conform met artikel 52 (Ref. [5]). Men beschikt over een lokaal van de eerste groep indien de opgeslagen hoeveelheid gelijk of meer is dan 300 l totale capaciteit in liters flessen..

Dit betekent dat een gebouw zonder verdiep gebouwd na 01/06/1972 moet geconstrueerd zijn met muren en een dakstructuur met een brandweerstand van minstens een half uur.

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op detail: Impact op het gebouw

M3 Evacuatiewegen buiten de opslag van waterstofflessen

Duidelijk aangeduid en zichtbaar vanuit gelijk welke hoek van het opslaglokaal.

Ref. [5], [21], [22], [31]

Laag: Aanwezigheid

Type: Passief

Invloed op detail: Impact op personen

Explosie in het gebouw

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Zwakke wand

In het geval de opslag van flessen gesitueerd is in een apart gebouw, moeten de buitenmuren opgetrokken zijn uit licht materiaal of opgetrokken uit panelen die loslaten bij een maximale interne overdruk van 13,3 kPa/m².

(uitgezonderd indien slechts kleine hoeveelheden waterstof gebruikt worden)


Ref. [22], [23], [26], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Keuze van de zwakke wand

De explosie moet weggeleid worden van een plaats waar personen of andere apparatuur kunnen geraakt worden.

<p>Onderdeel</p> <p>Waterstoffles (vulstation)</p>	
	<p>Directie van de chemische risico's</p>

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Vullen en opslaan van waterstofflessen

Sectie: Vulstation voor waterstofflessen

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Interne explosie
- Voedingsdruk

Zwakke punten

Afdichtingen van bewegende delen

- Afsluitkraan op hals fles

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Lek of breuk van de fles

Verspreiding

- Vorming van een explosieve wolk

Impact

- Ontsteking
- Brand
- Explosie

2. Kansenbronnen en maatregelen

Interne explosie

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer

C1.1 Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig) (M2;M4)

C1.1.1 Drukverlies en lek naar de atmosfeer (M1)

EN C1.1.1.1 Drukverlies

EN C1.1.1.2 Lek

EN C2 Aanwezigheid van een ontstekingsbron (M3)

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de fles

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Verificatie van de residuele druk in de fles

Als er geen residuele druk is of als de afsluitkraan voorafgaandelijk open gezet is, moet de fles verwijderd worden van de transportband van het vulstation.

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Drukverlies en lek naar de atmosfeer

Instructies

Deze maatregel is opgenomen in de instructie voor het vullen van waterstofflessen.

M2 Meten van de concentratie zuurstof

De analyse van de zuurstofconcentratie is één keer per dag verplicht. De concentratie moet lager zijn dan 2 vol %.

Ref. [6]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

M3 Aarding van de fles

Als de te vullen fles in contact staat met de vloer (die zelf geleidt), is het niet nodig te fles te verbinden met de aarde.

Ref. [22], [31]

Laag: Beveiliging

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Aanwezigheid van een ontstekingsbron

M4 Doorblazen van flexibels en aansluitpunten van het vulstation

Men dient een reiniging met een inert gas te voorzien, daarna een reiniging met waterstof. Om dit te verwezenlijken moet men een kraan naar de open lucht voorzien om het doorblazen van de leiding tussen de waterstofvoeding en het aansluitpunt van de fles mogelijk te maken. Deze procedure dient verschillende keren herhaald te worden indien noodzakelijk.

Ref. [22], [26], [31], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

Instructies

De doorblaasprocedure moet opgenomen zijn in de vulprocedure.

Voedingsdruk

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de fles

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Meten van de druk met alarm bij hoge druk

Gesitueerd op de belangrijkste voedingslijn (voor de collector).

Het alarmsignaal wordt gegeven op een plaats waar operatoren aanwezig zijn. Het alarmniveau is zo vastgelegd zodat men nog voldoende tijd heeft om te reageren.

Hoe men dient te handelen is beschreven in een instructie.

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

M2 Vulprocedure voor waterstofflessen

Voor het sluiten van de afsluitkraan bij de gewenste druk, dient men rekening te houden met de nodige correctie te wijten aan de omgevingstemperatuur.

Ref. [31]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Afsluitkraan op hals fles

Zwakke punten

Afdichtingen van bewegende delen

Beschrijving:

Aard van het zwak punt: kraan in verbinding met gas

Oorzaken:

OF C1 Kraan onvoldoende dichtgedraaid

OF C2 Versleten afdichting

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de fles

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Nazicht van dichtheid na het vullen

Opgenomen in de vulprocedure.

Ref. [22], [31]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Lek of breuk van de fles

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Automatische afsluitklep

Gesitueerd op de belangrijkste waterstofvoeding van het vulstation.

Activatie:

- door de noodstop
- door gasdetectie

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Karakteristiek van de afsluitklep

- brandbestendig (firesafe)
- indicatie van de positie (open/toe)

M2 Terugslagklep

Gesitueerd ter hoogte van de belangrijkste waterstofvoeding van het vulstation.

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Zelfwerkende afsluiters

Betrouwbaarheid

Opgenomen in een inspectieprogramma.

M3 Noodstop van de flessenvulling

Acties:

- sluit automatisch de automatische afsluitkleppen
- geeft een alarm in de controlekamer (of in een permanent bemand lokaal)

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Plaatsing

- gesitueerd op de ontruimingswegen

M4 Waterstofdetectie ter hoogte van het vulstation

In gebouwen, waar een natuurlijke ventilatie niet mogelijk is, dient de detectie gekoppeld te zijn aan een gedwongen ventilatie.

Ref. [31]

Acties:

- sluit de automatische afsluitkleppen van het vulstation
- geeft een alarm in de controlekamer (of in een permanent bemand lokaal)

Ref. [21], [22], [26], [31].

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Betrouwbaarheid

De goede werking wordt periodiek getest (elke maand)
De hercalibratie heeft tenminste om de 6 maanden plaats.

Plaatsing van de meetpunten

De meetpunten zijn strategisch opgesteld (hoge plaatsen).

Vorming van een explosieve wolk

Verspreiding

Beschrijving:

Details:

D1 Onvoldoende ventilatie (M2)

Maatregelen:

M1 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).

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

M2 Voldoende ventilatie garanderen

Ref. [18], [22], [23], [26], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op detail: Onvoldoende ventilatie

Plaatsing

- de luchtinlaten moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in buitenmuren;
- de luchtuitlaten moeten zo hoog mogelijk in het lokaal voorzien zijn in buitenmuren of in het dak.

Oppervlak

De luchtinlaten en de luchtuitlaten moeten elk een totaal oppervlak hebben van minstens $1 \text{ m}^2 / 305 \text{ m}^3$ volume van het lokaal.

Ontsteking

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Open vlam (M1)
- OF D2 Elektrische vonken (M7)
 - OF D2.1 Elektrostatistische oplading (M2;M3;M4)
 - OF D2.2 Elektrische apparatuur (M5;M6)

Maatregelen:

- M1 Rookverbod en verbod op open vlam
 - aangeduid ter plaatse aan de hand van pictogrammen
 - Ref. [3], [22], [26], [31], [35]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Open vlam
- M2 Voldoende geleidende vloerbekleding
 - Voldoende geleidend : niet behandeld beton
 - Onvoldoende geleidend : asfalt, epoxyharsen.
 - Ref. [22], [31], [35]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M3 Het dragen van antistatisch schoeisel
 - Ref. [5], [22], [31]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M4 Aarding van het vulstation
 - Ref. [9], [22], [31]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M5 Elektrische installatie is explosie veilig
 - Ref. [22], [31], [35]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Elektrische apparatuur
 - Zoneringsplan voor het vulstation*
 - goedgekeurd door de Technische inspectie
 - actueel
 - Inspectieverslag elektrische keuring van het vulstation*
 - laagspanning: minsten om de 5 jaar tenzij een andere frequentie werd aangegeven op het laatste inspectieverslag.
 - het inspectieverslag vermeldt geen enkele inbreuk
- M6 Verbod op gebruik van GSM's, radio's en andere mobiele niet Ex-apparatuur
 - aangeduid aan de hand van pictogrammen
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Elektrische apparatuur
- M7 Gebruik van vonkvrij gereedschap
 - Ref. [9], [22]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Elektrische vonken

Brand

Impact

Beschrijving:

Details:

D1 Impact op personen (M3)

D2 Impact op het gebouw (M4)

Maatregelen:

M1 Noodverlichting

Ref. [31]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

M2 Draagbare blusapparaten

- gebruik van blusapparaten met droog poeder of CO2 blussers, stikstof en stoom om kleine waterstofbrandjes te blussen.

- strategisch opgesteld

Ref. [22], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Blussystemen

Opleiding

Werknemers krijgen periodiek training in het gebruik van draagbare blusapparatuur.

Inspectie en onderhoud

De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een periodiek onderhoudsprogramma:

- maandelijks visuele controle van hun aanwezigheid en goede staat

- jaarlijkse controle

M3 Evacuatiewegen uit het vulcentrum

Duidelijk aangeduid en zichtbaar vanuit gelijk welke plaats in het opslaglokaal.

Ref. [5], [22], [31]

Laag: Aanwezigheid

Type: Passief

Invloed op detail: Impact op personen

M4 Brandweerstand van het vulcentrum

Ref. [22], [26].

Brandweerstand conform met artikel 52 (Ref. [5]).

Dit betekent voor een gebouw zonder verdiep geconstrueerd na 01/06/1972 dat de muren en de structuur van het dak een brandweerstand van een half uur moet hebben.

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Invloed op detail: Impact op het gebouw

Explosie

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Zwakke wand

In het geval een flessenvulstation gesitueerd in een apart gebouw, moeten 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)


Ref. [22], [23], [26], [31], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Keuze van de zwakke wand

De explosie moet weggeleid worden van een plaats waar personen of andere apparatuur kunnen geraakt worden.

Installatie Opslag en verlading van vloeibare waterstof	
	Directie van de chemische risico's

1. Beschrijving

2. Secties en onderdelen

Opslag in cryogene houders

Cryogene houder

Leidingen

Leidingen met vloeibare waterstof

Verlading

Verlading van (spoor)tankwagens

Verdamping van vloeibare waterstof

Verdamper

3. Aandachtspunten

Signalisatie van tanks

Aanduiding op elke houder van:

- nummer van de houder
- naam van de opgeslagen vloeistof: waterstof
- de gevaarssymbolen
- het inhoudsvermogen

Constructie van de tanks en de leidingen

Constructie is gebeurd volgens een constructie standaard.

De houders en toebehoren op de markt gebracht en in gebruik genomen na 29/5/2002 dienen te beschikken over een CE-markering en een EG-verklaring van overeenkomst conform de richtlijn drukapparatuur.

De volgende geharmoniseerde normen bestaan:

- EN13458: Cryogenic vessels - static vacuum insulated vessel
 - EN13648: Cryogenic vessels - Safety devices for protection against excessive pressure.
- Ref. [4], [24], [30], [34], [35]

Verlichting en noodverlichting

- Ter hoogte van de verlaadposten
 - Explosie veilig of opgesteld buiten de explosiezone
- Ref. [24], [27], [30], [35]

Toegangscontrole

Omheining omheen de onderneming:

- voldoende hoog (2 m)
 - aanduiding van toegangsverbod
 - toegangscontrole
 - niet gecontroleerde deuren en poorten op slot
- Ref. [13], [27], [30], [35]

Toegankelijkheid voor interventie

Toegang tot de houders en de verlaadstations:

- vastgelegd in overleg met de brandweer
 - via 2 verschillende richtingen (om de toegang te verzekeren bij verschillende windrichtingen)
 - breed genoeg om interventievoertuigen door te laten (6 m voor 2-richtingsverkeer of 4 m voor 1 richting)
 - geen of niet-gesignaleerde doodlopende straten (als onvermijdelijk dan draai-mogelijkheid op het einde)
 - een vrije hoogte van ten minste 4,2 m (bv. onder pijpenbruggen)
- Ref. [24], [27], [30]

Signalisatie van leidingen

Aanduiding van:

- stromingsrichting
- de aanwezigheid van waterstof
- vloeibaar of gasvormig

Zonering

Waterstof is een gas van de groep IIC, temperatuursklasse T1.

De zonering is:

- actueel (daterend van na de laatste aanpassingen)
- ondertekend door de technische inspectie
- keuringsverslag van de elektrische installatie door een erkend organisme (min. 5-jaarlijks)

Inplanting


De afstand tot de volgende installaties is groot genoeg om domino-effecten te vermijden:

- elke naburige eigendom
- tanks met ontvlambare vloeistoffen of gassen
- gebouwen
- verlaadstations
- installaties waar met ontvlambare producten wordt gewerkt
- fragiele en hoge structuren

Deze afstanden zijn bepaald door een risicostudie of een erkende code (zie bijlage 2)

Het is verboden om installaties waar met waterstof wordt gewerkt te plaatsen onder hoogspanningslijnen.

Ref. [24], [27], [30], [35]

<p>Onderdeel</p> <p>Cryogene houder</p>	
	<p>Directie van de chemische risico's</p>

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van vloeibare waterstof

Sectie: Opslag in cryogene houders

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Input van warmte door zonnestraling
- Warmte-input door de voedingsstroom
- Voedingsdruk
- Verlies van isolatie van de cryogene houder
- Warmte-input door externe brand
- Interne explosie

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Impact van voertuigen
- Verzakking

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

- Aanwezigheid van externe corrosieve condities

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

- Externe brand

Fenomenen die leiden tot lage temperaturen

- Afkoeling door een lek van cryogene vloeistof

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Breuk of lek aan cryogene houder

Verspreiding

- Vorming explosieve wolk
- Verspreiding van vloeistof

Impact

- Ontsteking
- Brand
- Explosie

2. Kansenbronnen en maatregelen

Input van warmte door zonnestraling

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

C1 Slechte isolatie

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Weerkaatsende bekleding

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op de werkingskarakteristiek

M2 Veiligheidsklep of breekschijf op de binnenste wand

Een veiligheidsklep kan alleen aanvaard worden als maatregel tegen een kansenbron indien kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de beschouwde kansenbron.

De berekeningen geven aan:

- de noodzakelijke capaciteit van de beschouwde oorzakenbron;
- de reële capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep.

Ref. [24], [27], [30], [32], [34], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Afblaaslocatie

De afblaaslijnen van de veiligheidskleppen moeten uitmonden in de open lucht (vooral een aandachtspunt indien het installatie-onderdeel zich in een gebouw bevindt) en in elk geval volgens een bepaalde richting op een plaats en een voldoende hoogte om elk gevaar te vermijden.

Ref. [24], [30], [34], [35]

Waterophoping in de afblaaslijn

De afblaaslijnen van de veiligheidskleppen moeten zo geconstrueerd of gelokaliseerd zijn dat vochtigheid zich niet kan accumuleren of leidt tot bevrozing zodat het correcte gebruik van de veiligheidskleppen verhinderd wordt (blokkering door ijs, hydrostatische druk van het water)

Het is aangewezen om bij de houder ter hoogte van het afblaasniveau van de veiligheidsklep een ...bord te voorzien dat verbiedt om water te besprenkelen over of in de afblaasopening.

Ref. [24], [30], [34], [35]

Verbinding met de te beveiligen ruimte

De verbinding met de te beveiligen ruimte is verzekerd:

- ofwel geen handklep aanwezig om de veiligheidsklep af te zonderen
- ofwel een sleutelsysteem dat de open positie van de handklep verzekert

Ref. [24], [30], [34], [35]

Betrouwbaarheid

De veiligheidskleppen zijn opgenomen in een periodiek inspectieprogramma.

Ref. [34]

Warmte-input door de voedingsstroom

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

C1 Verlading van te warme vloeibare waterstof

EN C1.1 Verlading bezig

EN C1.2 Oplegger niet geschikt voor vloeibare waterstof (M2)

De isolatie van de oplegger is onvoldoende

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Veiligheidsklep of breekschijf op de binnenste wand

Een veiligheidsklep kan alleen aanvaard worden als maatregel tegen een kansbron indien kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de beschouwde kansbron.

De berekeningen geven aan:

- de noodzakelijke capaciteit van de beschouwde oorzakenbron;

- de reële capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep.

Ref. [24], [27], [30], [32], [34], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Aandachtspunten: zie kansbron Input van warmte door zonnestraling

Invloed op een oorzaak

M2 Enkel verlading van tankwagens of spoorwagens die in orde zijn

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Oplegger niet geschikt voor vloeibare waterstof

Voedingsdruk

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Alle uitgaande leidingen zijn gesloten

EN C2 Tank volledig gevuld

EN C3 Vulpomp pompt naar de tank

Vrijzettingsstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Beperking van de voedingsdruk

De maximale voedingsdruk gebruikt om de houder te vullen mag niet hoger zijn dan de maximaal toelaatbare pompvoedingsdruk van de houder. Deze laatste is normaal hoger dan de maximaal toelaatbare werkingsdruk van de houder, om drukverlies aan de inlaten toe te laten gedurende vulling. Deze voedingsdruk wordt in het algemeen voorzien door de pomp van de vrachtwagen (gevoed door een energiebron aan boord van de vrachtwagen of door een externe energiebron)
Ref. [32]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op de werkingskarakteristiek

M2 Interlock sluit de inlaat bij hoge druk

De instellingsdruk moet de hoogste druklimiet zijn van de houder.
Ref. [32]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

M3 Interlock stopt de voedingspomp bij hoge druk

De instellingsdruk moet de hoogste druklimiet zijn van de houder..
Ref. [32]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

M4 Veiligheidsklep of breekplaat op de binnenste wand

Een veiligheidsklep kan alleen aanvaard worden als maatregel tegen een kansenbron indien kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de beschouwde kansenbron.

De berekeningen geven aan:

- de noodzakelijke capaciteit van de beschouwde oorzakenbron;
- de reële capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep.

Ref. [24], [27], [30], [32], [34], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Aandachtspunten: zie kansenbron Input van warmte door zonnestraling

Verlies van isolatie van de cryogene houder

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

C1 Breuk door overdruk in de dubbel isolerende wand (M2)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Veiligheidsklep of breekschijf op de binnenste wand

Een veiligheidsklep kan alleen aanvaard worden als maatregel tegen een kansbron indien kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de beschouwde kansbron.

De berekeningen geven aan:

- de noodzakelijke capaciteit van de beschouwde oorzakenbron;
- de reële capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep.

Ref. [24], [27], [30], [32], [34], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Aandachtspunten: zie kansbron Input van warmte door zonnestraling

Invloed op een oorzaak

M2 Veiligheidsklep of beekschijf in de ruimte tussen de twee wanden

Ref. [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Invloed op oorzaak: Breuk door overdruk in de dubbel isolerende wand

Dimensionering

Deze voorziening moet toelaten om de druk in de dubbele wand te beperken tot minder dan 10% hoger dan de laagste waarde tussen:

- de externe berekeningsdruk van de interne envelop
- de berekeningsdruk van de buitenste envelop.

Warmte-input door externe brand

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

- OF C1 Brand in de omgeving van de opslagtank (M4)
 - OF C1.1 Brand ter hoogte van pompen of compressoren
Pompen en compressoren zijn lekgevoelige punten
 - OF C1.2 Brandbaar materiaal aanwezig
 - OF C1.2.1 Brandbaar afval (M2)
 - OF C1.2.2 Droog gras, struikgewas (M5)
- OF C2 Brand onder de opslagtank (M3;M6)

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Veiligheidsklep of brekschijf op de binnenste wand

Een veiligheidsklep kan alleen aanvaard worden als maatregel tegen een kansbron indien kan aangetoond worden (aan de hand van berekeningen) dat de drukontlasting gedimensioneerd is voor de beschouwde kansbron.

De berekeningen geven aan:

- de noodzakelijke capaciteit van de beschouwde oorzakenbron;
- de reële capaciteit van de geïnstalleerde veiligheidsklep.

Ref. [24], [27], [30], [32], [34], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Aandachtspunten: zie kansbron Input van warmte door zonnestraling

Invloed op een oorzaak

M2 Periodieke inspecties op aanwezigheid brandbare rommel

Ref. [24], [27]

Laag: Controle

Type: Inspectie & onderhoud

Invloed op oorzaak: Brandbaar afval

M3 Ondergrond onder opslagtank afhellend

De helling moet een normale afwatering toelaten.

Ref. [30], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand onder de opslagtank

M4 Beschermingsmuren of -daken

Opgetrokken uit onbrandbare materialen of moeilijk brandbare materialen.

Ref. [24], [27], [30], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand in de omgeving van de opslagtank

M5 Afwezigheid brandbare begroeiing

Er wordt geen gebruik gemaakt van oxiderende onkruidbestrijdingsmiddelen (bv. natriumchloraat).

Ref. [23], [26], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Droog gras, struikgewas

M6 Positie ten opzichte van grondniveau

- Opslag gesitueerd op een hoger gelegen niveau dan de opslag van ontvlambare vloeistoffen of vloeibaar gemaakte zuurstof (als de afstand tussen beide kleiner is dan 15 m)
- Als de opslag toch gelegen is op een niveau dat lager is 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 opslagtanks kunnen lopen (als de afstand tussen beide kleiner is dan 15 m)

Ref. [23], [26], [31], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand onder de opslagtank

Interne explosie

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer

C1.1 Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig) (M1;M2)

EN C2 Aanwezigheid van een ontstekingsbron

C2.1 Ontlading statische elektriciteit (M4)

OF C2.1.1 Vloeistofsplash (M3)

OF C2.1.2 Statische oplading door hoge vloeistofsnelheden

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Voorafgaand spoelen van de houder

Om te vermijden dat zuurstof en lucht aanwezig zijn in de houder voordat er waterstof wordt ingebracht. Stikstof is af te raden omdat bij de gebruikte temperaturen, stikstof vast wordt. Men kan helium in plaats van stikstof gebruiken.

Indien men toch stikstof gebruikt, dient men eerst gasvormige waterstof in te brengen voordat men vloeibare waterstof binnen brengt om de stikstof uit te drijven.

Ref. [27], [30], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

M2 Onder druk zetten van de vloeisof

Ref. [35]

Laag: Controle

Type: Regelkring

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

M3 Voeding via dompelpijpen of bodemvoeding

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Vloeistofsplash

M4 Aarding van de houder

Ref. [27], [30], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Ontlading statische elektriciteit

Impact van voertuigen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Impact

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Geen (interne of externe) verkeerswegen in de buurt van de houders

De verkeerswegen zijn aangegeven op de site.

Ref. [24]

Laag: Proces

Type: Passief

M2 Snelheidsbeperking

Laag: Controle

Type: Procedureel

M3 Vangrails

Ref. [24], [30]

Laag: Proces

Type: Passief

Verzakking

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Complexe spanningen

Oorzaken:

C1 Onstabiele ondergrond

C1.1 Opgespoten grond

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Meetprogramma om verzakking op te volgen

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

M2 Stabiele fundering

De stabiliteit is aan te tonen via berekeningen.

Ref. [24], [30], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Aanwezigheid van externe corrosieve condities

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Corrosie

Oorzaken:

OF C1 Blootstelling aan atmosferische condities (M2)

OF C2 Aanwezigheid van corrosieve condities onder de isolatie (M1)

OF C3 Accumulatie van vocht ter hoogte van de ondersteuning (M3)

Typisch bij horizontale houders

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Isolatie rond opslagtank ondoorlatend voor water en luchtvochtigheid

Ref. [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Aanwezigheid van corrosieve condities onder de isolatie

M2 Inspectie uitwendige omhulling

Opgenomen in een inspectieprogramma.

Ref. [30]

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Invloed op oorzaak: Blootstelling aan atmosferische condities

M3 Ondersteuning ontworpen om accumulatie van water te vermijden

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Accumulatie van vocht ter hoogte van de ondersteuning

Externe brand

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

Beschrijving:

Aard van de aantasting: vloeïing

In het geval van horizontale houders.

Oorzaken:

Vrijzettingsstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Ondersteuning hebben een brandweerstand van 2 uur

Mogelijke oplossingen:

- ondersteuning in beton

- brandwerende isolatie

Ref. [24], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Afkoeling door een lek van cryogene vloeistof

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot lage temperaturen

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Vermoeidheid

Oorzaken:

C1 Lek aan de houder of een toebehoren

Vrijzettingstappen:

Breuk of lek aan cryogene houder

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Ondersteuning geconstrueerd uit materialen bestand tegen cryogene temperaturen

Typisch voor horizontale houders.

Ref. [30]

Laag: Omhulling

Type: Passief

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Breuk of lek aan cryogene houder

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Afsluitkleppen op de vloeistofleidingen

Zo dicht mogelijk bij de houder.

Voor de houders met een capaciteit van meer dan 7.570 l, moet deze klep van op afstand gestuurd kunnen worden en er mogen er geen flensverbindingen aanwezig zijn tussen deze afsluitklep en de aansluiting van de leiding met de houder.

Ref. [24], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Brandbestendigheid afsluitklep

- aangetoond via testcertificaat

- de pakkingen tussen de opslagtank en de afsluitkleppen zijn eveneens brandbestendig of de flens is dichtgelast.

Plaatsing afsluitklep

Zo dicht mogelijk tegen de opslagtank of in de opslagtank

Betrouwbaarheid

Het inbloksysteem van de opslagtank is opgenomen in een inspectieprogramma.

Signalisatie van de afsluitkleppen

Positie-aanduiding (open/toe)

Fail safe positie van de afsluitklep

- Fail safe is gesloten

bv. het wegsmelten van de luchttoevoerleiding plaatst deze kleppen in een veilige positie.

Vorming explosieve wolk

Verspreiding

Beschrijving:

Details:

D1 Onvoldoende ventilatie (M1;M2)

Maatregelen:

M1 Installatie in open lucht

Ref. [24], [27], [30], [35]

Laag: *Proces*

Type: *Passief*

Invloed op detail: Onvoldoende ventilatie

M2 Ventilatie

Als de opslagtank geïnstalleerd is in een apart gebouw, moet er ventilatie verzekerd zijn.

Ref. [3], [23], [26], [31], [35] (opslag onder druk)

Ref. [13], [17], [24], [27], [31], [35] (cryogene opslag)

Laag: *Schadebeperking*

Type: *Passief*

Invloed op detail: Onvoldoende ventilatie

Plaatsing van de lucht toe- en afvoer

- De luchttoevoerplaatsen moeten gesitueerd zijn nabij de grond, enkel in de buitenmuren.
- De luchtafvoerplaatsen moeten gesitueerd zijn ter hoogte van het hoogste punt van het lokaal in de buitenmuren of in het dak.

Oppervlak van de lucht toe- en afvoer

De lucht toe- en afvoerplaatsen moeten elk een oppervlak hebben van minimaal 1 m²/305 m³ volume van het lokaal.

Verspreiding van vloeistof

Verspreiding

Beschrijving:

Details:

D1 Over de grond (M1)

D2 Via de riolen (M2)

Maatregelen:

M1 Ondergrond onder opslagtank afhellend

De helling moet een normale afwatering toelaten.

Ref. [30], [35]

Laag: *Proces*

Type: *Passief*

Invloed op detail: Over de grond

M2 Watersloten in de riolen

De riolen zijn voorzien van een systeem dat de verspreiding van ontvlambare gassen verhindert (bv. watersloten)

Ref. [35]

Laag: *Proces*

Type: *Passief*

Invloed op detail: Via de riolen

Ontsteking

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Open vlam (M1)
- OF D2 Warme oppervlakken
- OF D3 Elektrische vonken (M5;M6)
 - D3.1 Elektrostatische oplading (M2;M3;M4)
 - D3.2 Elektrische apparatuur (M7)

Maatregelen:

- M1 Rookverbod en verbod open vlam
Ter plaatse aangeduid via pictogrammen
Ref. [24], [27], [31], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Open vlam
- M2 Vloerbekleding voldoende geleidend
Voldoende geleidend: niet behandeld beton
Onvoldoende geleidend: asfalt, epoxyharsen.
Ref. [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Elektrostatische oplading
- M3 Het dragen van antistatisch schoeisel
- voor eigen personeel
- voor derden (bv. vrachtwagenchauffeurs)
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Elektrostatische oplading
- M4 Aarding van de opslaghouder
Ref. [24], [27], [30], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Elektrostatische oplading
Inspectie
Deze inspectie is opgenomen in een inspectieprogramma.
- M5 Gebruik vonkvrij gereedschap
Ref. [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
Invloed op detail: Elektrische vonken
- M6 Elektrische installatie explosie veilig uitgevoerd
Ref. [3], [23], [26], [31], [35] (opslag onder druk)
Ref. [24], [27], [30], [35] (cryogene opslag)
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
Invloed op detail: Elektrische vonken
Zoneringsplan voor het betrokken onderdeel
 - goedgekeurd door de Technische inspectie
 - actueel*Verslag elektrische keuring voor het betrokken onderdeel*
 - Laagspanning: 5-jaarlijks tenzij anders vermeld op het laatste keuringsverslag
 - keuringsverslag vermeldt geen inbreuken

M7 Verbod op gebruik GSM's, radio's en ander mobiele niet Ex-apparatuur

- aangeduid ter plaatse met pictogram
- aangeduid aan de ingang van het terrein

Laag: Schadebeperking

Type: Procedureel

Invloed op detail: Elektrische apparatuur

Brand

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Draagbare blusapparaten

- gebruik van blusapparaten met droog poeder of CO2 blussers, stikstof en stoom om kleine waterstofbrandjes te blussen.
- strategisch opgesteld

Ref. [26] (gasvormige waterstof), [27], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Blussystemen

Opleiding

Werknemers krijgen periodiek training in het gebruik van draagbare blusapparaten.

Inspectie en onderhoud

- De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- of onderhoudsprogramma.
- maandelijkse visuele controle op aanwezigheid en goede staat
 - jaarlijkse controle

M2 Interventiestrategie

- proberen om de voeding van het waterstoflek te stoppen, indien men dit niet doet dan risico op herontsteking of explosie
- naburige apparaten met grote hoeveelheden water besproeien (bij voorkeur verneveld water), om deze te koelen, te vermijden dat deze in de brand terecht komen en om het risico op herontsteking door contact met naburige hete oppervlakken te reduceren.
- als de brand geblust is en als de gasstroom blijft bestaan, dient men de ventilatie te verhogen om de vorming van een explosieve atmosfeer te verhinderen. Men kan een waternevel gebruiken om ventilatie te creëren.

Ref. [27], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Procedureel

M3 Branddetectie

Vooraf wanneer de installatie van op afstand bediend wordt.

Ref. [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

M4 Vaste blussystemen

- monitoren
 - hydranten
 - besproeiingssysteem dat manueel kan bediend worden van op een veilige afstand of automatisch door branddetectie (min. 8,14 l/min.m² blootgesteld oppervlak)
- Ref. [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Blussystemen

Voorraden bluswater

- voldoende groot waterreservoir en/of natuurlijke reserve (kanaal, stroom,...)
- aanzuigpunt voor bluswater is beschermd tegen inname van brokstukken
- regelmatige controle van de voorraden bluswater
- reservepompen, die ook bij elektriciteitsuitval werken (diesel)

Bescherming van de blussystemen

Bescherming blusmiddelen tegen:

- corrosie
 - kathodische bescherming
 - beschermende verflaag
- vorst: voldoende diep ingegraven, verwarmd, droog systeem,...
- tegen mechanische schade van wegverkeer
- brand/explosie:
 - brandweerstation, bluswaterpompen gesitueerd:
 - buiten elke gevaarlijke zone
 - min. 30 m van dichtste brandrisico
 - in een explosie- en brandbestendig gebouw ondergebracht
 - leidingen beschermd tegen gevolgen van een explosie

Het bluswaternet is in lus(sen) aangelegd en voorzien van sectiekranen.

Inspectie van brandbestrijdingsmiddelen

- volgens een inspectieprogramma
- inspecties worden geregistreerd
- inspectieprogramma omvat o.a.:
 - bluswaterpompen (werking, dieselvoorraad) (wekelijks)
 - sprinklerinstallatie (maandelijks)

Signalisatie

Bluswaterleidingen en hydranten zijn rood geverfd.

Dimensionering

Brandbestrijdingsmiddelen vastgelegd in samenwerking met de brandweer (verslag).

Explosie

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Zwakke wand


In het geval de houder opgesteld staat in een apart gebouw, dienen de externe muren geconstrueerd zijn uit een licht materiaal of uit platen zo gemaakt dat deze loskomen bij een maximale interne druk van 13,3 kPa/m².
Ref. [24], [27], [35]

Laag: Schadebeperking

Type: Passief

Keuze van de zwakke wand

De explosie moet afgeleid worden naar een plaats waar noch personen noch andere apparatuur kunnen geraakt worden.

<p>Onderdeel</p> <p>Leidingen met vloeibare waterstof</p>	 <p>Directie van de chemische risico's</p>
---	---

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van vloeibare waterstof

Sectie: Leidingen

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Thermische uitzetting van ingesloten vloeistof
- Vloeistofslag

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Impact van voertuigen
- Bovengrondse belasting op ondergrondse leiding

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Corrosieve of chemisch agressieve condities

- Aanwezigheid van externe corrosieve condities

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

- Externe brand

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

- Flenzen

Lijst vrijzettingstappen:

2. Kansenbronnen en maatregelen

Thermische uitzetting van ingesloten vloeistof

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 De vloeistof is ingesloten

OF C1.1 Tussen twee gesloten kleppen

OF C1.2 Aanwezigheid van opblokkingen in de leiding (M3)

Veel gebruikte stoffen zoals zuurstof en stikstof kunnen bevroren bij de gebruikte temperaturen

EN C2 Opwarming van ingesloten vloeistof (M7)

OF C2.1 Zonnestraling (M4)

OF C2.2 Brand te wijten aan condensatie van lucht (M5;M6)

Voor de niet-geïsoleerde leidingen die gebruikt worden op de temperatuur van vloeibare waterstof, kan er condensatie van de omgevingslucht optreden wat te wijten is aan de extreem lage oppervlaktetemperaturen. Dit geeft aanleiding tot een zuurstofverrijking en bevordert de verbranding van bepaalde materialen die daar aanwezig kunnen zijn.

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Thermische drukontlastingskleppen

Ref. [24], [34], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Betrouwbaarheid

Opgenomen in een inspectieprogramma

M2 Leiding bestand tegen resulterende overdruk

De resulterende overdruk moet gekend zijn.

Laag: Omhulling

Type: Passief

Invloed op een oorzaak

M3 Purgeringsprocedure van de leidingen

Om de vorming van opblokkingen door het vast worden van vloeistoffen gebruikt bij cryogene temperaturen te vermijden. Men dient stikstof te vermijden en bij voorkeur helium te gebruiken.

Ref. [27], [30]

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Aanwezigheid van opblokkingen in de leiding

M4 Verlaag die warmtestraling reflecteert

Niet in wit want anders kan men niet meer de vorming van ijs onderscheiden, wat een aanduiding is van een lek van vloeibare waterstof.

Ref. [25]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Zonnestraling

M5 Aanwezigheid van goten

Voor de niet-geïsoleerde leidingen.

Om de gecondenseerde vloeibare lucht op te vangen en de verdampen.

Ref. [24], [30], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand te wijten aan condensatie van lucht

M6 Grond onder de leidingen uit onbrandbare materialen

Voor de niet-geïsoleerde leidingen

Geen asfalt

Ref. [24], [27], [30], [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand te wijten aan condensatie van lucht

M7 Isolatie uit onbrandbaar materiaal

De isolatie moet op een dergelijke manier geconstrueerd zijn dat er een dampdichte afsluiting is van de buitenste omhulling om de condensatie van lucht te vermijden en als gevolg daarvan ook een verrijking aan zuurstof binnen in de isolatie te vermijden.

Ref. [24], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Opwarming van ingesloten vloeistof

Vloeistofslag

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

C1 Snel sluiten van kleppen in lange leidingen (M2)

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Leiding bestand tegen resulterende overdruk

De resulterende overdruk moet gekend zijn.

Laag: Omhulling

Type: Passief

Invloed op een oorzaak

M2 Sluitingsnelheid van automatische kleppen aangepast aan leidingsnet

Sluitingssnelheid van meerdere seconden afhankelijk van de snelheid van de vloeistof en van de lengte van de leiding.

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Snel sluiten van kleppen in lange leidingen

Impact van voertuigen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Impact

Oorzaken:

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Geen (intern en extern) wegverkeer in de buurt van leidingen

Ref. [24]

Laag: Proces

Type: Passief

M2 Snelheidsbeperking

Laag: Controle

Type: Procedureel

M3 Vangrails

Re. [24], [30]

Laag: Proces

Type: Passief

Bovengrondse belasting op ondergrondse leiding

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Externe druk

Oorzaken:

OF C1 Verkeer boven ondergrondse leiding (M2)

OF C2 Opslag boven ondergrondse leiding (M3)

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Diepte of afscherming aangepast aan bovengrondse belasting

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op een oorzaak

M2 Geen verkeer boven ondergrondse leidingen

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Verkeer boven ondergrondse leiding

M3 Geen opslag boven ondergrondse leidingen

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Opslag boven ondergrondse leiding

Aanwezigheid van externe corrosieve condities

*Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen
Corrosieve of chemisch agressieve condities*

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Corrosie

Oorzaken:

- OF C1 Blootstelling aan atmosferische condities
- OF C2 Blootstelling aan ondergrondse corrosieve condities
- OF C3 Aanwezigheid van corrosieve condities onder isolatie

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

- M1 Isolatie rond de leidingen is waterdicht en dicht tegen luchtvochtigheid
Ref. [24]

Laag: Beveiliging

Type: Passief

Invloed op de werkingskarakteristiek

- M2 Inspectie uitwendige omhulling leidingen
Opgenomen in een inspectieprogramma (jaarlijks).
Ref. [30]

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Instructies

De uitvoering van de inspecties maakt onderdeel uit van instructies. De ondersteuning van de leidingen worden ook geïnspecteerd.

- M3 Kathodische protectie

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Externe brand

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot hoge temperaturen (bedreigend voor de omhulling)

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Daling treksterkte door stijging temperatuur

Oorzaken:

Vrijzettingsstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Leidingen voldoende ver van potentiële brandhaarden

Geen potentiële brandhaarden onder pijpenbruggen, zoals:

- verlaadposten

- containers met brandbaar afval (karton, verpakkingen, enz.)

Laag: Proces

Type: Passief

Flenzen

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

Beschrijving:

Aard van het zwak punt: Lekgevoelige punten

Oorzaken:

OF C1 Flensverbinding slecht aangespannen (M2)

C1.1 Groot temperatuursverschil

tussen het omgevingsmilieu en de getransporteerde vloeistoffen

OF C2 Aantasting of veroudering pakkingsmateriaal

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Geen ondergrondse flensverbindingen

Onder de grond uitsluitend gelaste verbindingen (boven de grond zo veel mogelijk gelaste verbindingen).

Ref. [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op een oorzaak

M2 Programma om bouten van flenzen terug aan te spannen


Ref. [35]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Flensverbinding slecht aangespannen

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

<p>Onderdeel</p> <p>Verlading van (spoor)tankwagens</p>	 <p>Directie van de chemische risico's</p>
---	---

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van vloeibare waterstof

Sectie: Verlading

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Thermische uitzetting van ingesloten vloeistof
- Warmte-input door externe brand
- Interne explosie

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Beweging van aangekoppelde voertuigen

Openingen in de omhulling

Tijdelijke openingen naar de atmosfeer

- Aansluitpunt voor flexibel of laadarm

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

- Flexibels

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Lek of breuk tijdelijke verbinding

Verspreiding

- Verspreiding vloeistoflek

Impact

- Ontsteking
- Brand
- Intoxicatie of brandwonden door percutaan contact met de stof

2. Kansenbronnen en maatregelen

Thermische uitzetting van ingesloten vloeistof

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Vrije ruimte onvoldoende voor uitzetting (M1;M2;M3)

EN C2 Opwarming van ingesloten vloeistof

Vrijzettingsstappen:

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Verificatie van beschikbare capaciteit voor verlading

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vrije ruimte onvoldoende voor uitzetting

Instructies

Opgenomen in de verlaadprocedure.

M2 Niveaucontrole

Automatische stopzetting van de verlading wanneer de ingestelde hoeveelheid verpompt werd. Deze controlemaatregel is geen alternatief voor de overvulbeveiliging van het transportreceptiënt.

Laag: Controle

Type: Regelkring

Invloed op oorzaak: Vrije ruimte onvoldoende voor uitzetting

M3 Interlock bij hoog niveau stopt de verlading voor het kritische niveau

Functie onafhankelijk van de niveaumeting

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Invloed op oorzaak: Vrije ruimte onvoldoende voor uitzetting

Betrouwbaarheid

Een test van de volledige kring is opgenomen in een inspectieprogramma.

Warmte-input door externe brand

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

OF C1 Brand in een naburige installatie

OF C2 Brand door een lek aan een tankwagen of spoorwagon (M2)

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Externe koeling door sprinklers ter hoogte van het verlaadstation

Ref. [30]

Laag: Beveiliging

Type: Blussystemen

Activatie

Kan manueel geactiveerd worden.

Invloed op een oorzaak

M2 Ondergrond onder verlaadplaats afhellend naar opvang

Afvoer naar een verdampingszone ver genoeg verwijderd van de tankwagen/spoorwagon om thermische stralingseffecten te minimaliseren.

Ref. [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Brand door een lek aan een tankwagen of spoorwagon

Interne explosie

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

EN C1 Aanwezigheid van een explosieve atmosfeer

OF C1.1 Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig) (M1)

EN C2 Aanwezigheid van een ontstekingsbron

OF C2.1 Ontlading statische elektriciteit (M2;M3)

OF C2.1.1 Vloeistofsplash (M4)

OF C2.1.2 Statische oplading door hoge vloeistofsnelheid

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Purgeren van de flexibels en de aansluitpunten

Men moet een reiniging met een inert gas voorzien, daarna verschillende reinigingen met waterstof. Om dit te doen moet er een klep naar de open lucht voorzien zijn om een purgering van de verbinding begrepen tussen de tankwagen (spoorwagon) en de voedingsklep toe te laten.

Ref. [27], [30], [35]

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Abnormale aanwezigheid van zuurstof (ontvlambare gassen normaal aanwezig)

Instructies

De spoelprocedure moet opgenomen zijn in de verlaadprocedure.

M2 Plaatsen van een equipotentiaalverbinding

Tussen de tankwagen of de spoorwagon en de vaste installatie.

Ref. [30]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Ontlading statische elektriciteit

M3 Verlaadflexibel voldoende geleidend

Ref. [31]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Ontlading statische elektriciteit

M4 Voeding via dompelpijpen of bodemaansluiting

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Vloeistofsplash

Beweging van aangekoppelde voertuigen

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Trekkrachten

Oorzaken:

OF C1 Vertrek van een aangekoppeld voertuig (M3;M4;M5;M6)

OF C2 Aanrijding van aangesloten voertuig door ander voertuig (M2)

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op de kansenbron

M1 Verlaadprocedure

De verlaadprocedure moet de te nemen acties en de noodzakelijke verificaties beschrijven om te vermijden dat een voertuig onverwacht vertrekt.

Ref. [33]

Laag: Controle

Type: Procedureel

Beschikbaarheid

Een verkorte versie van de procedure (in de vorm van punten) is opgehangen ter hoogte van de verlaadpost.

Ref. [33]

Invloed op een oorzaak

M2 Geen intern wegverkeer nabij verlaadplaats

Ook niet gedefinieerd als een parkeerzone.

Ref. [30]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Aanrijding van aangesloten voertuig door ander voertuig

M3 Blokkering van de wielen

Opgenomen in de verlaadprocedure

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

M4 Handrem opgetrokken tijdens de verlading

Opgenomen in de verlaadprocedure.

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

M5 Verbod aanwezigheid chauffeur in de tankwagen gedurende de transfer

Ref. [30]

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

M6 Interlock op de toegang tot de verlaadverbinding

Verbonden met:

1) ofwel de activatie van de rem: dit systeem omvat een dispositief gekoppeld aan het remcircuit en wordt geactiveerd door de chauffeur/operator wanneer deze toegang wil hebben tot de verladingsverbindingen. Het dispositief moet:

- blokkeren van het openen van de deuren van de kast met leidingen en/of
- blokkeren van de toegang tot de verladingsverbindingen en/of
- wordt geactiveerd indien de deuren van de kast open zijn.

De beweging van het dispositief activeert de remmen of verhindert dat de remmen losgelaten worden. Op het einde van de operatie moet de chauffeur/operator eerst de flexibel ontkoppelen voordat het dispositief terug op nul kan gezet worden. Het terugzetten op nul van het dispositief laat de remmen los, of laat toe dat de remmen losgelaten worden om het transportvoertuig te laten vertrekken.

2) Of het sluiten van een bareel voor het transportvoertuig. Deze bareel wordt geactiveerd door een speciale onderbreker, geplaatst op de ondersteuning van de verlaadflexibel. Vanaf het moment dat de flexibel verwijderd wordt van zijn steunpunt, sluit de bareel automatisch.

Ref. [30], [33]

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Invloed op oorzaak: Vertrek van een aangekoppeld voertuig

Betrouwbaarheid

Opgenomen in een inspectieprogramma

Aansluitpunt voor flexibel of laadarm

Openingen in de omhulling

Tijdelijke openingen naar de atmosfeer

Beschrijving:

Gebruiksfrequentie:

Oorzaken:

C1 Ontkoppeling terwijl er nog waterstof aanwezig is (M1)

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op een oorzaak

M1 Leegmaken van de tijdelijke verbinding voor ontkoppeling

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 dat de verbinding drukloos is.

Voor het leegdrukken mag geen perslucht gebruikt worden.

Deze operatie is opgenomen in de verlaadprocedure.

Ref. [27], [30]

Laag: Controle

Type: Procedureel

Invloed op oorzaak: Ontkoppeling terwijl er nog waterstof aanwezig is

Flexibels

Zwakke punten

Onderdelen van de omhulling in zwakkere materialen

Beschrijving:

Aard van het zwak punt: Gevoelig voor slijtage

Oorzaken:

OF C1 Degradatie wanneer niet in gebruik (M4)

OF C2 Frequent gebruik

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Lektest voor elk gebruik

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

M2 Visuele inspectie voor gebruik

Dit omvat onderzoek van de koppelstukken, de geleidbaarheid en de uitwendige toestand. Dit onderzoek is opgenomen in de verlaadprocedure.

Ref. [30]

Laag: Controle

Type: Procedureel

M3 Periodieke vervanging van de flexibels

Ten laatste 5 jaar na hun fabricatiejaar, tenzij de flexibels nog niet gebruikt geweest zijn.

Laag: Beveiliging

Type: Inspectie & onderhoud

Invloed op een oorzaak

M4 Opbergsysteem voor flexibels

Het gebruik van dit systeem is uiteraard voorzien in de verlaadprocedure.

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Degradatie wanneer niet in gebruik

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Lek of breuk tijdelijke verbinding

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

- M1 Permanente aanwezigheid van een operator
Ref. [7], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
- M2 Inbloksysteem van de tijdelijke verbinding
Afsluitkleppen:
- langs de kant van de tankwagen of spoorwagon
- langs de kant van het aansluitpunt met de vaste installatie

Geactiveerd door:
- noodstop
- waterstofdetectie
- fout aan aarding
Ref. [30], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
- M3 Detectie van een waterstoflek ter hoogte van de verlaadpost
Acties:
- geeft alarm in de controlekamer (of in een permanent bemand lokaal) bij een detectie van 25% LEL
- sluit automatisch de op afstand gestuurde kleppen
- stopt automatisch de pompen
Ref. [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
Betrouwbaarheid
Opgenomen in een inspectieprogramma.
Plaatsing van de meetpunten
- op strategische plaatsen van het verlaadstation
-
- M4 Noodstop tankwagen- of spoorwagonverlading
Acties:
- sluiten automatisch de op afstand gestuurde kleppen
- stoppen automatisch de pompen
- geven alarm in de controlekamer
Ref. [30]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
Plaatsing
- gesitueerd op de ontruimingswegen

Verspreiding vloeistoflek

Verspreiding

Beschrijving:

Details:

D1 Over de grond (M1)

D2 Via de riolen (M2)

Maatregelen:

M1 Ondergrond onder verlaadplaats afhellend naar opvang

Afvoer naar een verdampingszone ver genoeg verwijderd van de tankwagen/spoorwagon om thermische stralingseffecten te minimaliseren.

Ref. [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op detail: Over de grond

M2 Watersloten in riolering

De riolen zijn voorzien van een systeem dat de verspreiding van ontvlambare gassen verhindert (vb. watersloten).

Ref. [35]

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op detail: Via de riolen

Ontsteking

Impact

Beschrijving:

Details:

- OF D1 Open vlam (M1)
- OF D2 Elektrische vonken (M6)
 - OF D2.1 Elektrostatistische oplading (M2;M3;M7;M9)
 - OF D2.2 Elektrische apparatuur (M4;M5;M10)
 - OF D2.3 Zwerfstromen (M8)

Maatregelen:

- M1 Rookverbod en verbod op open vlam
 - Ter plaatse aangeduid door middel van pictogrammen.
 - Ref. [24], [27], [30], [35]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Open vlam
- M2 Vloerbekleding voldoende geleidend
 - Voldoende geleidend : niet behandeld beton
 - Onvoldoende geleidend : asfalt, epoxyharsen.
 - Ref. [35]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M3 Het dragen van antistatisch schoeisel
 - Voor eigen personeel
 - Voor derden (vb. vrachtwagenchauffeurs)
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M4 Verbod op gebruik van GSM's, radio's en ander mobiele niet-Exapparatuur
 - aangeduid ter plaatse aan de hand van pictogrammen
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Elektrische apparatuur
- M5 Pompen explosie veilig uitgevoerd
 - ook indien de verlading gebeurt met behulp van de pomp van de vrachtwagen.
 - de vrachtwagen kan niet zijn eigen motor gebruiken om de pomp aan te drijven.
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Elektrische apparatuur
- M6 Gebruik van vonkvrij gereedschap
 - Ref. [9], [22]
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Procedureel*
 - Invloed op detail: Elektrische vonken
- M7 Aarding van de spoorwegrails
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Elektrostatistische oplading
- M8 Elektrische isolatie van spoorwegrails van de rest van het spoornetwerk
 - Laag: Schadebeperking* *Type: Passief*
 - Invloed op detail: Zwerfstromen

- M9 Plaatsing equipotentiaalverbinding
 Tussen de tankwegen of de spoorwagon en de vaste installatie.
 Ref. [27], [30], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Procedureel*
 Invloed op detail: Elektrostatische oplading
- M10 Elektrische installatie explosie veilig uitgevoerd
 Ref. [3], [23], [26], [31], [35] (opslag onder druk)
 Ref. [24], [27], [30], [35] (cryogene opslag)
Laag: Schadebeperking *Type: Passief*
 Invloed op detail: Elektrische apparatuur
 Zoneringsplan voor het betrokken onderdeel
 - goedgekeurd door de Technische inspectie
 - actueel
 Verslag elektrische keuring voor het betrokken onderdeel
 - Laagspanning: 5-jaarlijks tenzij anders vermeld op het laatste keuringsverslag
 - keuringsverslag vermeldt geen inbreuken
- M11 Vergrendeling equipotentiaalverbinding
 Een interlock die de verlading verhindert zolang als de weerstand van de equipotentiaalverbinding te hoog is.
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*
 Invloed op maatregel: Plaatsing equipotentiaalverbinding
 Betrouwbaarheid
 Opgenomen in een inspectieprogramma.

Brand

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

- M1 Draagbare blusapparaten
 - gebruik van blusapparaten met droog poeder of CO₂, stikstof en stoom om kleine waterstofbranden te blussen.
 - strategisch opgesteld
 Ref. [27], [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Blussystemen*
Opleiding
 Werknemers krijgen periodiek training in het gebruik van draagbare blusapparaten.
Inspectie en onderhoud
 De draagbare blusapparaten zijn opgenomen in een inspectie- of onderhoudsprogramma.
 - maandelijkse visuele controle op de aanwezigheid en goede staat
 - jaarlijkse controle
- M2 Branddetectie
 Vooral indien de installaties van op afstand gestuurd worden.
 Ref. [35]
Laag: Schadebeperking *Type: Veiligheidskring*

Intoxicatie of brandwonden door percutaan contact met de stof

Impact

Beschrijving:

Details:

Maatregelen:

M1 Aanwezigheid in de omgeving van oogspoelers en nooddouches

Ref. [13], [17], [35]

Laag: Eerste hulp

Type: Blussystemen

M2 PBM's tegen de gevaren van vloeibare waterstof

Handen:

Beschermingshandschoenen die de huid volledig isoleren of in leder.
De handschoenen moeten voldoende soepel zijn om deze gemakkelijk te kunnen uittrekken indien er vloeibare waterstof zou doordringen.

Ogen:

Veiligheidsbril bestand tegen spatten en met een beschermingsvizier

Kledij:

Geschikte kledij om te verhinderen dat de huid bevriest:

- lange mouwen
- broeken zonder omslagboord, de broekspijpen moeten over de laarzen gedragen worden.


Voeten:

Voldoende hoge veiligheidsschoenen om bedekt te worden door broekspijpen zonder omslagboord.

Ref. [13], [17], [27], [35]

Laag: Persoonlijke bescherming

Type: PBM

Onderdeel Verdamper	
	Directie van de chemische risico's

1. Beschrijving onderdeel

Installatie: Opslag en verlading van vloeibare waterstof

Sectie: Verdamping van vloeibare waterstof

Lijst kansenbronnen:

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

- Warmte-input door een warmtewisselaar

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

- Massale ijsvorming

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot lage temperaturen

- Te lage temperatuur van de uitgaande gasvormige waterstofstroom

Fenomenen die leiden tot een cyclische belasting (risico's voor vermoeiing)

- Expansie- en contractiecyclussen te wijten aan temperatuursveranderingen

Lijst vrijzettingstappen:

Vrijzetting

- Lek of breuk van de verdamper

2. Kansenbronnen en maatregelen

Warmte-input door een warmtewisselaar

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot hoge druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Hoge druk

Oorzaken:

OF C1 Maximale temperatuur van de warmtewisselende vloeistof (M3)

OF C2 Maximaal debiet van de warmtewisselende vloeistof

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de verdamper

Maatregelen:

Invloed op de werkingskarakteristiek

M1 Interlock bij hoge druk of temperatuur stopt de warmtetoevoer

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

M2 Veiligheidskleppen

op de verdamper en de leidingen langs de kant van de waterstof en langs de kant van de warmtewisselende vloeistof.

Ref. [24], [30].

Laag: Beveiliging

Type: Drukontlasting

Invloed op een oorzaak

M3 Beperking van de temperatuur van de warmtewisselende vloeistof

De warmte wordt indirect overgedragen: bv. door omgevingslucht, door buizen in een stoombad, door buizen in een warmwaterbad.

Laag: Proces

Type: Passief

Invloed op oorzaak: Maximale temperatuur van de warmtewisselende vloeistof

Massale ijsvorming

Fenomenen die leiden tot krachten op de omhulling

Fenomenen die leiden tot andere krachten dan druk

Beschrijving:

Aard van de krachten: Trekkrachten te wijten aan het gewicht van ijs

Dit is van toepassing op verdamper met warmteoverdracht via de omgevingslucht.

Oorzaken:

C1 Koud weer

C2 Luchtvochtigheid

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de verdamper

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Regelmatige verificatie van de hoeveelheid gevormd ijs

Om dit ijs te vermijden kan men gebruik maken van warm water of stoom voor de warmteoverdracht.
Ref. [30].

Laag: Beveiliging

Type: Procedureel

Te lage temperatuur van de uitgaande gasvormige waterstofstroom

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot lage temperaturen

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Vermoeidheid

Dit kan schade veroorzaken in het systeem stroomafwaarts van de verdamper.

Oorzaken:

C1 Verlies van warmtewisselende vloeistof

Vrijzettingstappen:

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Interlock bij lage temperatuur aan de uitgang van de verdamper

Sluit een automatische afsluitklep aan de uitgang van de verdamper.

Ref. [24], [30].

Laag: Beveiliging

Type: Veiligheidskring

Expansie- en contractiecyclussen te wijten aan temperatuursveranderingen

Fenomenen die de constructiematerialen van de omhulling bedreigen

Fenomenen die leiden tot een cyclische belasting (risico's voor vermoeiing)

Beschrijving:

Aard van de aantasting: Vermoeidheid

Oorzaken:

EN C1 Lage temperatuur van de inkomende vloeibare waterstof

EN C2 Niet continu werkend installatie-onderdeel

Vrijzettingstappen:

Lek of breuk van de verdamper

Maatregelen:

Invloed op de kansbron

M1 Verankering en flexibiliteit van het installatie-onderdeel

De verdamper moet verankerd zijn en de verbindingleidingen moeten voldoende flexibel zijn om de effecten van uitzetting en inkrimping te wijten aan veranderingen in temperatuur op te vangen.

Ref. [24], [30].

Laag: Proces

Type: Passief

3. Vrijzettingstappen en maatregelen

Lek of breuk van de verdamper

Vrijzetting

Beschrijving:

Details:

D1 In de uitgaande leiding (M2)

Maatregelen:

M1 Waterstofdetectie ter hoogte van de verdamper

Acties:

- geeft alarm in de permanent bemand lokaal bij 25% van de LEL
- sluit de afsluitklep aan de uitgang van de verdamper.

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Betrouwbaarheid

De calibratie van de meetkoppen is opgenomen in een onderhoudsprogramma.

M2 Afsluitklep in de uitgaande leiding

Activatie:

- waterstofdetectie
 - noodstop
- Ref. [30]

Laag: Schadebeperking

Type: Veiligheidskring

Invloed op detail: In de uitgaande leiding

BIJLAGE 2

Veiligheidsafstanden

Tabel 1: NFPA 50 A : Minimale afstanden tussen systemen die gasvormige waterstof bevatten in open lucht en mogelijke schadedragers [23]

Type externe schadedrager	Totale opslag van gasvormige waterstof		
	Minder dan 99 m ³	Tussen 99 m ³ en 425 m ³	Meer dan 425 m ³
1. Gebouw of structuur			
(a) Muur of muren grenzend aan een systeem opgetrokken uit onbrandbare materialen of moeilijk brandbare materialen			
(1) Gesprinkeld gebouw of structuur of een gebouw of structuur dat niet gesprinkeld is en dat geen brandbare materialen bevat	0 ²	1,5 ²	1,5 ²
(2) Niet gesprinkeld gebouw of structuur die wel brandbare materialen bevat			
Aangrenzende muur of muren met een brandweerstand van minder dan 2 uur ¹ .	0 ³	3,1	7,6 ⁴
Aangrenzende muur of muren met een brandweerstand van meer dan 2 uur ¹	0	1,5	1,5
(b) Muur of muren grenzend aan een systeem opgetrokken uit andere materialen dan onbrandbare materialen of moeilijk brandbare materialen	3,1	7,6	15,2 ⁴
2. Openingen in muren			
(a) Niet boven gelijk welk deel van het systeem	3,1	3,1	3,1
(b) Boven gelijk welk deel van het systeem	7,6	7,6	7,6
3. Alle klassen van ontvlambare en brandbare vloeistoffen boven grondniveau			
(a) 0 – 3.785 l	3,1	7,6	7,6
(b) meer dan 3.785 l	7,6	15,2	15,2
4. Alle klassen van ontvlambare en brandbare vloeistoffen onder grondniveau, capaciteit tussen 0 en 3.785 l ⁵	3,1	3,1	3,1
(a) Tank	7,6	7,6	7,6
(b) Afblaaspunt of vulopening van de tank			
5. Alle klassen van ontvlambare en brandbare vloeistoffen onder grondniveau, capaciteit meer dan 3.785 l ⁵			
(a) Tank	6,1	6,1	6,1
(b) Afblaaspunt of vulopening van de tank	7,6	7,6	7,6
6. Opslag van ontvlambaar gas (andere dan waterstof) hetzij bij lage of hoge druk			
(a) capaciteit van 0 – 255 m ³	3,1	7,6	7,6
(b) capaciteit meer dan 255 m ³	7,6	15,2	15,2

¹ Uitgezonderd deuren en vensters (zie punt 2).² Delen van de muren lager dan 3 m (horizontaal gemeten) op gelijk welk punt van het systeem moeten een brandweerstand van minsten een half uur hebben.³ Delen van de muren lager dan 3 m (horizontaal gemeten) op gelijk welk punt van het systeem moeten een brandweerstand hebben van tenminste 1 uur.⁴ Maar niet minder dan de gemiddelde hoogte van de muur grenzend aan het gebouw of de structuur.⁵ De afstanden kunnen gereduceerd worden tot 4,5 m voor brandbare vloeistoffen van klasse IIB (vlampunt > 93,4°C)

Type externe schadedrager	Totale opslag van gasvormige waterstof		
	Minder dan 99 m ³	Tussen 99 m ³ en 425 m ³	Meer dan 425 m ³
7. Opslag van zuurstof			
(a) Capaciteit van 566 m ³ of minder	Zie NFPA 51, <i>Standard for the Design and Installation of Oxygen-Fuel Gas Systems for Welding, Cutting and Allied Processes</i>		
(b) Capaciteit meer dan 566 m ³	Zie NFPA 50, <i>Standard for Bulk Oxygen Systems at Consumers sites</i>		
8. Snel brandende vaste stoffen zoals papier	15,2	15,2	15,2
9. Traag brandende vaste stoffen, zoals kolen	7,6	7,6	7,6
10. Open vlam en laswerkzaamheden	7,6	7,6	7,6
11. Aanzuiging van luchtcompressoren of inlaten van ventilators of airconditioners.	15,2	15,2	15,2
12. Plaatsen waar mensen kunnen aanwezig zijn	7,6	15,2	15,2
13. Openbare wegen en geparkeerde voertuigen	4,6	4,6	4,6
14. Grens van een naburige eigendom	1,5	1,5	1,5

De afstanden bij punten 1, 3 tot 10 en 14 zijn niet van toepassing daar waar de beschermingsstructuren een brandweerstand hebben van tenminste 2 uur en geplaatst zijn tussen het systeem en de schadedragers.

De afstanden moeten ook gerespecteerd worden voor verladingsverbindingen.

De gasvormige waterstofsysteemen met een capaciteit van minder dan 99 m³, wanneer deze geplaatst zijn in een gebouw en blootgesteld aan andere werkzaamheden, moeten opgesteld zijn het gebouw op de volgende manier:

- (a) in een voldoende geventileerde omgeving;
- (b) op 6 m van alle klassen van ontvlambare en brandbare vloeistoffen, oxiderende gassen en gemakkelijk brandende materialen zoals papier;
- (c) op 7,6 m van alle open vlammen, elektrische apparatuur of andere ontstekingsbronnen;
- (d) op 15 m van de ingangen van ventilatieapparatuur of airconditioners en luchtcompressoren;
- (e) op 15 m van alle andere opslag van ontvlambare gassen;
- (f) beschermd tegen beschadiging door een val van een object of andere werkzaamheden in de omgeving.

Tabel 2 : NFPA 50 B : Minimale afstanden tussen systemen voor vloeibare waterstof en mogelijke schadedragers [24]

Type externe schadedrager	Totale opslag vloeibare waterstof		
	Tussen 150 l en 13.250 l	Tussen 13.250 l en 56.775 l	Tussen 56.775 l en 283.875 l
1. Gebouw of structuur			
(a) Muur of muren aangrenzend aan een systeem gebouwd uit onbrandbare of moeilijk brandbare materialen			
(1) Gesprinkeld gebouw of structuur of een gebouw of structuur dat niet gesprinkeld is dat geen brandbare materialen bevat	1,5 ⁷	1,5 ⁷	1,5 ⁷
(2) Niet gesprinkeld gebouw of structuur die wel brandbare materialen bevat			
Aangrenzende muur of muren met een brandweerstand van minder dan 3 uur ⁶	7,60	15,2	22,9
Aangrenzende muur of muren met een brandweerstand van meer dan 3 uur ⁶	1,5	1,5	1,5
(b) Muur of muren aangrenzend aan een gebouw of structuur opgetrokken uit brandbare materialen			
(1) Gebouw of structuur gesprinkeld	15,2	15,2	15,2
(2) Gebouw of structuur niet gesprinkeld	15,2	22,9	30,5
2. Openingen in de muren			
(a) Die kunnen geopend worden	22,9	22,9	22,9
(b) Die niet kunnen geopend worden	7,6	15,2	15,2
3. Aanzuiging van luchtcompressoren of inlaten van ventilatieapparatuur of airconditioners.	22,9	22,9	22,9
4. Alle klassen van ontvlambare en brandbare vloeistoffen (boven de grond en afblaaspunten en vulopeningen indien onder grondniveau) ⁸	15,2	22,9	30,5
5. Tussen vaste opslagtanks met vloeibare waterstof	1,5	1,5	1,5
6. Opslag van ontvlambare gassen, andere dan waterstof	15,2	22,9	22,9
7. Opslag van vloeibare zuurstof en andere oxydanten	22,9	22,9	22,9
8. Brandbare vaste stoffen	15,2	22,9	30,5
9. Open vlam en laswerkzaamheden	15,2	15,2	15,2
10. Plaatsen waar mensen kunnen aanwezig zijn	22,9	22,9	22,9
11. Openbare wegen, spoorwegen en eigendomsgrenzen	15,2	22,9	30,5
12. Inlaten tot ondergrondse riolen	1,5	1,5	1,5

De afstanden bij punten 1, 4, 6, 7, 8 en 11 kunnen met 2/3 verminderd worden, maar mogen niet kleiner zijn dan 1,5 m, voor de geïsoleerde delen van het systeem. Voor de niet geïsoleerde delen van het systeem kunnen de afstanden gereduceerd worden door gebruik te maken van beschermingsstructuren met een brandweerstand van tenminste 2 uur.

De afstanden moeten ook gerespecteerd worden voor verladingsverbindingen. De minimale afstand tussen deze verbindingen en de geparkeerde voertuigen moet 7,6 m bedragen.

⁶ Uitgezonderd deuren en vensters

⁷ De delen van de muren lager dan 3 m (horizontaal gemeten) op elk punt van het systeem moeten een weerstand hebben van ten minste een half uur.

⁸ De afstanden kunnen gereduceerd worden tot 4,6 m voor brandbare vloeistoffen van klasse IIIB (vlampunt > 93,4°C)

Wanneer draagbare recipiënten met vloeibare waterstof met een capaciteit kleiner dan 189 l zich binnen in een gebouw bevinden, maar niet in een speciaal lokaal en blootgesteld aan andere activiteiten, moeten deze in het gebouw op de volgende manier opgesteld zijn:

- (a) op 6 m van alle klassen van ontvlambare en brandbare vloeistoffen en gemakkelijk brandende materialen zoals papier;
- (b) op 7,6 m van alle open vlammen, elektrische apparatuur of andere ontstekingsbronnen;
- (c) op 15 m van de inlaten van ventilatieapparatuur of airconditioners en luchtcompressoren;
- (d) op 15 m van alle andere opslag van ontvlambare gassen of oxiderende gassen;
- (e) beschermd tegen beschadiging door een val van een object of andere werkzaamheden in de omgeving.

Tabel 3: NFPA 50 A : Voorkeursplaatsen voor systemen met gasvormige waterstof [23]

Aard van de plaats	Grootte van het waterstofsysteem		
	Minder dan 99 m ³	Tussen 99 en 425 m ³	Meer dan 425 m ³
Open lucht	I	I	I
In een apart gebouw	II	II	II
In een speciaal lokaal	III	III	Niet toegelaten
In een gebouw maar niet in een speciaal lokaal of blootgesteld aan andere activiteiten	IV	Niet toegelaten	Niet toegelaten

I = voorkeursplaats

Tabel 4: NFPA 50 B : Voorkeursplaatsen voor systemen met vloeibare waterstof [24]

Aard van de plaats	Grootte van het waterstofsysteem			
	150 tot 190 l	191 tot 1.135 l	1.135 tot 2.271 l	Meer dan 2.271 l
Open lucht	I	I	I	I
In een apart gebouw	II	II	II	Niet toegelaten
In een speciaal lokaal	III	III	Niet toegelaten	Niet toegelaten
Binnen in een gebouw, maar niet in een speciaal lokaal of blootgesteld aan andere activiteiten	IV	Niet toegelaten	Niet toegelaten	Niet toegelaten

I = voorkeursplaats

Tabel 5 : IGC DOC 15/96 : Aanbevolen minimale veiligheidsafstanden voor gasvormige waterstofsyste men [31]

	Typisch type van schadedrager in open lucht	Afstand (m)
1.	Open vlammen en andere ontstekingsbronnen (elektrische ingesloten)	5
2.	Eigendomsgrenzen en plaatsen waar personen kunnen aanwezig zijn zoals autoparkings, kantines,...enz.	8
3.	Houten gebouwen of structuren	8
4.	Openingen in muren van bureaus, ateliers,...enz.	5
5.	Bovengrondse bulkopslag van ontvlambare vloeistoffen en LPG	8
6.	Ondergrondse bulkopslag van ontvlambare vloeistoffen en LPG	
	- tank	3
	- afblaaspunt of verbindingen	5
7.	Opslag van flessen met ontvlambare gassen, andere dan waterstof	5
8.	Opslag van gasvormige zuurstof in flessen	5
9.	Opslag van vloeibare zuurstof	8
10.	Opslag van niet ontvlambare cryogene vloeistoffen zoals argon, stikstof,...	5
11.	Opslag van brandbare materialen	8

Deze afstanden mogen gereduceerd worden als men beschermingsmuren gebruikt met een voldoende brandweerstand.

Deze afstanden moeten eveneens gerespecteerd worden voor verladingsverbindingen en afblaaspunten.

Als een apparaat opgesteld staat in een gebouw, dan worden de afstanden ten opzichte van de verschillende types externe schadedragers gemeten vanaf de openingen: de deuren, de vensters,...enz.

Tabel 6 : EIGA DOC 06/02/E : Aanbevolen minimale veiligheidsafstanden voor opslag van vloeibare waterstof [30]

	Onderwerp	Afstand (m)
1.	Muren met een brandweerstand van 90 minuten	2,5
2.	Technische gebouwen waar geen personen aanwezig zijn	10
3.	Gebouwen met aanwezige personen	20
4.	Aanzuiging van luchtcompressoren, airconditioners	20
5.	Alle brandbare vloeistoffen	10
6.	Alle brandbare vaste stoffen	10
7.	Andere vaste opslagtanks voor vloeibare waterstof	1,5
8.	Andere vloeibare waterstoftank	3
9.	Opslag van vloeibare zuurstof	6
10.	Opslag van ontvlambare gassen	8
11.	Open vlam, roken, laswerkzaamheden	10
12.	Plaatsen waar personen samenkomen	20
13.	Openbare plaatsen	60
14.	Openbare wegen, spoorwegen, eigendomsgrenzen	10
15.	Hoogspanningslijn in open lucht	10

Deze afstanden kunnen gereduceerd worden als er bijkomende beschermingen (bv. watergordijnen) geplaatst zijn tussen de installatie met vloeibare waterstof en de

blootgestelden. Dergelijke beschermingen kunnen gebruikt worden voor de onderwerpen 2, 3, 5, 6, 10 en 14.

Deze afstanden dienen eveneens gerespecteerd te worden voor beladingsverbindingen en afblaaspunten.

BIJLAGE 3

verificatielijst

INGANG – ALGEMEEN	
Toegangscontrole	
Aanduiding rookverbod, verbod op open vlam en GSM's	
Hydranten gemakkelijk herkenbaar (rood)	
Hydranten beschermd tegen mechanische schade (wegverkeer)	
Leidingen duidelijk geïdentificeerd (kleur)	
Bovengronds leidingsysteem is beschermd tegen impact van het verkeer	

OPSLAGTANKS VOOR SAMENGEDRUKTE WATERSTOF	
Aanwezigheid blusapparaten	
Eventuele aanwezigheid van een sprinklerinstallatie	
Aanduiding op elke tank van : <ul style="list-style-type: none"> • nummer van de tank • naam van de opgeslagen stof • de gevaarssymbolen • de opslagcapaciteit 	
Voldoende afstand tussen de tanks en de terreingrenzen	
Beschermd tegen mechanische impact of wegverkeer	
De veiligheidskleppen mogen niet geïsoleerd zijn of met sleutelsysteem	
De veiligheidskleppen blazen voldoende hoog en in een veilige richting af.	
Localisatie van gasdetectoren	

(SPOOR)TANKWAGENVERLADING VAN SAMENGEDRUKTE WATERSTOF	
Aanwezigheid van blusapparaten	
Aanwezigheid van een sprinklerinstallatie	
Continue bewaking tijdens verlading	
Localisatie van de gasdetectoren	
Localisatie van de noodstoppen	
Aanwezigheid van kallen en barrières of een interlock op het remsysteem	
Aanwezigheid van equipotentiaalverbinding met interlock	
Vloerbekleding voldoende geleidend (geen asfalt, geen epoxyharsen)	
Flexibels in goede staat	
Geschikt opbergsysteem voor flexibels	
OPSLAG EN VULSTATION VOOR WATERSTOFFLESSEN	

Aanwezigheid blusapparaten	
Geen zuurstofflessen (of andere sterke oxydanten) opgeslagen samen met waterstofflessen	
Aanduiding van de opslagzone voor waterstofflessen	
Controle van de dichtheid van de flessen (kraan en hals)	
Hal voor vulling en opslag voldoende verlucht	
Plaatsing van gasdetectoren op hoge punten	
Aanwezigheid van noodstoppen ter hoogte van de vulling	

CRYOGENE OPSLAGTANKS VAN VLOEIBARE WATERSTOF	
Aanwezigheid blusapparaten	
Eventuele aanwezigheid van een sprinklerinstallatie	
Aanduiding op elke tank van : <ul style="list-style-type: none"> • nummer van de tank • naam van de opgeslagen stof • de gevaarssymbolen • de opslagcapaciteit 	
Voldoende afstand tussen de tanks en de terreingrenzen	
Beschermd tegen mechanische impact of wegverkeer	
De veiligheidskleppen mogen niet geïsoleerd zijn of met een sleutelsysteem	
De veiligheidskleppen blazen voldoende hoog en in een veilige richting af.	
Localisatie van gasdetectoren	
Vloer voldoende hellend om geen accumulatie van vloeistof te hebben onder de opslagtanks	
De riolen in de buurt van de opslagtanks zijn voorzien van watersloten.	
Aanwezigheid van thermische expansiekleppen op leidingen die ingeblokt kunnen worden	
Aanwezigheid van goten onder de niet geïsoleerde leidingen die vloeibare waterstof bevatten	
Vloer onder de niet geïsoleerde leidingen die vloeibare waterstof bevatten uit onbrandbaar materiaal	
Aanwezigheid van oog- en nooddouches	

(SPOOR)TANKWAGENVERLADING VAN VLOEIBARE WATERSTOF	
Aanwezigheid van blusapparaten	
Aanwezigheid van een sprinklerinstallatie	
Continue bewaking tijdens verlading	
Localisatie van de gasdetectoren	
Localisatie van de noodstoppen	
Aanwezigheid van kallen en barrières of een interlock op het remsysteem	
Aanwezigheid van equipotentiaalverbinding met interlock	
Vloerbekleding voldoende geleidend (geen asfalt, geen epoxyharsen)	
Flexibels in goede staat	
Geschikt opbergsysteem voor flexibels	
Afwatering van vloeistoflekken op een manier zodat deze niet kunnen accumuleren onder de (spoor)tankwagen	
Aanwezigheid van thermische expansiekleppen op leidingen die ingeblokt kunnen worden	
Aanwezigheid van oog- en nooddouches	