

WP2 Tabel Risicobeheersing- Incidentbestrijding

Datum: juni 2022

Status: final

Dit project is medegefinancierd door TKI Nieuw Gas | Topsector Energie uit de PPS-toeslag onder referentienummer TKI2019 WVIP

Aanleiding

WVIP WP2 onderzoekt de aspecten die nodig zijn om incidenten met waterstof te voorkomen en om incidenten te bestrijden. De werkgroep kent de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat hebben hulpdiensten, andere professionele betrokkenen en gebruikers nodig om hun werk en het gebruik van waterstof veilig en adequaat uit te kunnen voeren (risicobeheersing en incidentbestrijding)?
2. Hebben we voldoende kennis over de kansen, effecten en gevolgen van typische waterstof risico's/incidenten?

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, brengt de werkgroep door middel van enkele rapportages veiligheidskwesties rondom waterstof in beeld. Deze zijn bedoeld voor alle partijen die in hun werk en/of hun dagelijks leven te maken krijgen met waterstof (o.a. hulpdiensten, operators en gebruikers, maar de nadruk ligt op gebruik door hulpverleners.

Dit document wordt in de wandelgangen 'tabel RB-IB' genoemd. Aan de hand van de tabel worden maatregelen beschreven om een incident met waterstof te voorkomen (risicobeheersing) en maatregelen om een incident met waterstof te beheersen (incidentbestrijding). De maatregelen zijn gebaseerd op geloofwaardige incidentscenario's in de keten productie, transport/distributie, opslag, overslag en gebruik.

De tabel RB-IB geeft overzicht en biedt handvatten om vragen en antwoorden over waterstof centraal te ontsluiten met het doel de waterstofveiligheid te borgen. De tabel is een levend document; door voortschrijdend inzicht binnen de werkpakketten van WVIP kunnen (beschrijvingen van) maatregelen en toepassingen aangepast worden. De tabel bevat in een bijlage voorbeelden van waterstoftoepassingen die (nog) niet meegenomen.

Tabel Waterstof Risicobeheersing - Incidentbeheersing

versie 6.7

Inhoud

Aanleiding	2
Inleiding	5
Doel en uitwisseling WVIP.....	5
Categorisering en prioritering.....	5
Uitgangspunten.....	6
Opmerkingen vooraf.....	6
Afbakening door WP2.....	6
Belangrijkste parameters bij verloop waterstof incident.....	7
<i>Algemene kenmerken waterstof en veiligheid (bestemd voor IB)</i>	9
1. Afblazen waterstoftank	11
Scenario 1A Afblazen waterstoftank: Algemeen.....	11
Scenario 1B: Afblazen waterstoftank bij Lokale Productie	13
Scenario 1C Afblazen brandstoftanks voertuigen.....	14
Scenario 1D Afblazen brandstoftanks Waterstoftankstation.....	16
2. Waterstofbrand (fakkelbrand)	17
Scenario 2A Waterstofbrand: algemeen.....	17
Scenario 2B Waterstofbrand – Lokale productie.....	19
Scenario 2C Waterstofbrand – Voertuigbrand (drukbrand).....	20
Scenario 2D: Waterstofbrand: voertuigbrand (lekkage).....	21
Scenario 2E Waterstofbrand – Waterstoftankstations.....	22
3. Beschadigde waterstofinstallatie als gevolg van een ongeval (externe invloed)	23
Scenario 3A Beschadigde waterstofinstallatie - Algemeen.....	23
Scenario 3B Beschadigde waterstofinstallatie – Lokale productie.....	23
Scenario 3C: Beschadigde brandstofinstallatie als gevolg van ongeval (externe invloed) - Voertuigen.....	24
Scenario 3D: Beschadigde opslagtank/leverzuil als gevolg van ongeval (externe invloed) – Waterstoftankstation.....	24
4. Aanstraling van een waterstoftank (ander type brand dan waterstof)	25
Scenario 4A Aanstraling waterstoftank – Algemeen.....	25
Scenario 4B Aanstraling waterstoftank – Lokale Productie.....	25
Scenario 4C: Aanstraling van de brandstoftank – voertuig.....	26
Scenario 4D Aanstraling waterstoftank – Waterstoftankstation.....	27
Scenario 4E: Aanstraling waterstofcilinder (ander type brand dan waterstof) - Wegtransport.....	28
5. Waterstoflekkage (leiding, koppeling, etc.)	29
Scenario 5A Waterstoflekkage - Algemeen.....	29

Scenario 5B Waterstoflekkage – Lokale Productie	30
Scenario 5C: Waterstoflekkage – Waterstoftankstation	31
Scenario 5D: Lekkage brandstoftank (of motorcompartiment).....	32
Scenario 5E: Lekkage waterstofcilinder (of koppeling met trailer) - Wegtransport	33
Scenario 5F: Lekkage waterstof tijdens het laden- en lossen - Wegtransport.....	34
Scenario 5G: Lekkage waterstof: gefaalde drukhouders als gevolg van ongeval (externe invloed)	35
Scenario 5H: Waterstoflekkage: gekantelde waterstoftrailer	36
6. BIJLAGE	37

Inleiding

Om veiligheidsaspecten rondom waterstof in kaart te brengen, heeft WP2 een tabel Risicobeheersing – Incidentbeheersing (RB-IB) opgesteld. Deze tabel behandelt de waardeketen van productie, transport, distributie, opslag, overslag en verwerking – op zowel kleinere als grotere schaal. In de tabel worden opgenomen: scenario's, gevolgen, RB-maatregelen (preventief) en IB-maatregelen (repressief). De scenario's zijn grotendeels afkomstig van de aandachtskarten Waterstof Incidentbeheersing <https://www.ifv.nl/kennisplein/veilige-energietransitie/publicaties/aandachtskaarten-waterstof>. Deze kaarten worden binnen het kader van het WVIP door WP2 geschikt gemaakt voor bevelvoerders en Officieren van Dienst van de brandweer.

Doel en uitwisseling WVIP

Doel van de tabel RB-IB is in beeld brengen van de maatregelen die vanuit RB als IB genomen moeten worden op basis van geloofwaardige incidentscenario's.

Vanuit WP2 worden de voorgestelde maatregelen via de Technische Expert Commissie (TEC) aangeboden aan de andere werkpakketten van het WVIP, met als doel: a. beoordeling en aanscherping van de maatregelen, b. beoordeling of nadere risicoanalyse nodig is en c. wat de consequenties zijn van doorvoering van de maatregelen voor bedrijfsleven, overheden en hulpdiensten.

De tabel RB-IB zal gedurende het gehele traject van het WVIP een 'levend' document blijven, met continue beoordeling over maatregelen in wet- en regelgeving verankerd moeten worden (WP3) of via handreikingen of instructieprogramma's moeten worden aangeboden aan de doelgroepen van het WVIP (WP1). Daarnaast kunnen maatregelen verder uitgediept worden via risico-inventarisaties (WP4) of HAZID-studies (WP5). WP6 kan een bijdrage leveren via verzamelen van kennis en lessons learned.

Categorisering en prioritering

Vanuit WP2 kiezen we voor de volgende categorisering in de tabel:

1. Afblazen waterstoftank
2. Waterstofbrand
3. Beschadigde waterstofinstallatie als gevolg van een ongeval
4. Aanstraling van een waterstoftank
5. Waterstoflekkage.

Als prioritering in de behandeling van de scenario's stellen we de volgende volgorde voor:

- I. Voertuigen
- II. Lokale productie
- III. Waterstoftankstation

Uitgangspunten

1. De aandachtscarten bevatten scenario's die voor dit document zijn gerubriceerd naar **type incident**. De benadering hierbij is dat we redeneren vanuit hetgeen er mis kan gaan en hoe opgetreden moet worden in het kader van Incidentbeheersing (IB). Vandaar uit kunnen we terug redeneren welke maatregelen Risicobeheersing (preventief) nodig zijn om de incidenten te voorkomen en/of beheersbaar te houden.
2. We beschouwen de verantwoordelijkheid voor Risicobeheersing (RB) vooral als een taak en verantwoordelijkheid voor het bedrijfsleven. De Incidentbeheersing (IB) is vooral een taak en verantwoordelijkheid voor de hulpdiensten (i.c.. de brandweer).
3. RB is ook een verantwoordelijkheid van het bevoegd gezag als er sprake is van vergunningverlening voor een bepaalde activiteit.
4. Voor IB zijn de aandachtscarten gevuld met repressieve maatregelen vanuit het gedachtegoed van de brandweer die ter plaatse komt en het moet doen met de eigen beschikbare middelen en een eenvoudige analyse van de aangetroffen situatie:
 - er blaast iets af
 - er brand iets
 - er lekt iets
 - een waterstoftank wordt aangestraald.
5. Preventieve en repressieve maatregelen die bij de installatie/het systeem zelf horen, moeten vooraf bij het ontwerpen en installeren gerealiseerd zijn.
6. RB en IB liggen in elkaars verlengde en moeten qua voorzieningen, maatregelen en procedures goed op elkaar aansluiten.

Opmerkingen vooraf

- We spreken over incidentbeheersing i.p.v. Incidentbestrijding omdat we willen dat de hulpverleners ook in staat zijn om verdere escalaties van incidenten in te perken en de situatie beheersbaar te krijgen.
- We kijken naar mogelijkheden van verdere escalatie/ domino-effecten vanuit RB-oogpunt, omdat we willen dat de mogelijkheid van escalatie vooraf bekeken is en bij het ontwerp meegenomen is met bijvoorbeeld de terreinindeling, de plaatsingsrichting, veiligheidsafstanden, brandwerende muren, passieve brandbescherming, detectie, inblokken, etc.
- De inzetstrategie¹ voor de IB is een goed uitgangspunt voor de RB. Het is voor de RB goed om te weten wat de mogelijkheden/beperkingen van de IB zijn, want dan kun je vanuit RB bepaalde maatregelen nemen die voor de IB van belang zijn zoals bijvoorbeeld inlokafsluiters die vanaf een veilige locatie te activeren zijn. Het denkkader voor RB is echter ruimer, want daar gaat het om het voorkomen en beperken, waar IB zich alleen op het beperken richt.

Afbakening door WP2

- Er is uitgezoomd op mobiele toepassingen binnen de mobiliteit. Mobiele toepassingen kunnen in principe overal voor komen en daarbij interactie aangaan met bestaande situaties waarin geen of onvoldoende rekening is gehouden met waterstof als aanwezige brandstof. Bijvoorbeeld: het afblazen van de waterstoftank van een stadsbus in een remise vol met bussen; een waterstof

¹ Inzetstrategie is het beoordelen van de situatie, bepalen werkwijze (wat ga je doen, kun je wat doen?), inzetmiddelen, beschermingsmiddelen.

aangedreven truck die in pandig gaat lossen bij een supermarkt; stadsbussen op waterstof die onder een station komen als onderdeel van een OV-hub.

- Niet meegenomen zijn de binnenaspecten van waterstof: wat zijn de gevolgen van het gebruik van waterstof voor tunnelveiligheid en veiligheid van parkeergarages en daarbij het optreden bij incidenten in tunnels en parkeergarages.
- Tot slot valt op dat er in de praktijk en in de nabije toekomst meer waterstoftoepassingen beschikbaar zijn, dan er nu in beeld komen in dit document. Feitelijk kan gesteld worden dat alles wat elektrisch als brandstoftoepassing mogelijk is, ook met waterstof kan. In de bijlage staan voorbeelden van waterstoftoepassingen die niet in dit document zijn uitgewerkt maar in de toekomst mogelijk zijn.
- In dit document staan verwijzingen naar PGS'en. Deze zijn te vinden via <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/>

Belangrijkste parameters bij verloop waterstof incident

- Omgevingsfactoren
 - Locatie (buiten of binnen)
 - Mate van opsluiting door aanwezige objecten of vrijkomen binnen een object
 - Aan- of afwezigheid van andere gevaarlijke stoffen
 - Aanwezigheid van personen (deskundig personeel, buitenstaanders)
 - Bebouwde omgeving of buitengebied.
- Systeem
 - Omvang
 - Uitvoering (cilinder, drukvat, cryogene opslagvat, leiding, etc.)
 - Procesomstandigheden (gas of vloeistof, temperatuur en druk in het systeem)
 - Inblokmogelijkheden
- De uitstroming van gasvormig waterstof (ongeacht de oorzaak)
 - Directe ontsteking (fakkelfire/jetfire)
 - Vertraagde ontsteking
 - Vrije ruimte/geen opsluiting geeft een wolkbrand (snelle verbranding)
 - Opsluiting/obstakels geeft een VCE (explosie en mogelijk detonatie)
 - Geen ontsteking
- De uitstroming van vloeibaar waterstof² (ongeacht de oorzaak)
 - De cryogene vloeistof gaat snel over in gasvorm met de bijbehorende effecten van de uitstroming van gasvormig waterstof
 - Cryogene blootstelling materialen en mensen (bijkomend voor alle uitstromingen van vloeibaar waterstof)
 - Directe ontsteking (fakkelfire/jetfire)
 - Vertraagde ontsteking
 - Vrije ruimte/geen opsluiting geeft een wolkbrand (snelle verbranding)
 - Opsluiting/obstakels geeft een VCE (explosie en mogelijk detonatie)
 - Geen ontsteking
 - Condensatie van zuurstof en stikstof uit de lucht op koude oppervlakken, waardoor het brandrisico van alle stoffen verhoogd wordt.

² Vloeibaar nog niet opgenomen in de tabel. Ontwikkelingen zijn wel gaande in het zware wegtransport (Mercedes-Bens).

- Aanstraling waterstofsysteem door een brand
 - Temperatuur en druk in systeem lopen op.
 - Geen gevolgen (druk en temperatuur lopen onvoldoende op).
 - Drukveiligheid spreekt aan:
 - Uitstroming op veilige locatie (vent stack).
 - Uitstroming op niet veilige locatie (zie gevolgen uitstroming van gasvormig waterstof).
 - Drukveiligheid spreekt niet aan of niet toereikend:
 - Instantaan falen systeem:
 - Fysieke drukgolf
 - Scherfwerking
 - Wegwerpen van delen/lanceren van installatiedelen
 - Directe ontsteking van de vrijkomende waterstof door de druk en de al aanwezige brand
 - Vrije ruimte/geen opsluiting geeft een wolkbrand (snelle verbranding)
 - Opsluiting/obstakels geeft een VCE (explosie en detonatie)

Algemene kenmerken waterstof en veiligheid (bestemd voor IB)

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN WATERSTOF (H ₂ , opgeslagen onder druk)	
<ul style="list-style-type: none"> • Veel lichter dan lucht (14x) • Geur- en kleurloos 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosiegrens 4 - 76% • Detonatiegrens 18,3 tot 58,9 vol% in lucht • Zeer brandbaar, lage ontstekingsenergie nodig
RISICO'S WATERSTOF	
<ul style="list-style-type: none"> • Kans op fakkelbrand, omdat waterstof wordt opgeslagen onder hoge druk (tussen 150 en 1.000 bar). • Waterstof is <u>14 keer lichter dan lucht</u>. Het verspreidt zich daardoor snel (en divers) in de omgeving. • Kans op krachtige explosie. Bij besloten ruimtes kans op ophoping vrijgekomen gas. Zoals bij parkeergarages, werkplaatsen, tankstations en tunnels etc. • Vrijkomend gas is <u>niet zichtbaar</u> (wolk niet zichtbaar). 	
KENMERKEN WATERSTOFINCIDENTEN	
<ul style="list-style-type: none"> • Een waterstofvlam is extreem heet (tot 2.000°C), echter met een lage warmtestraling haaks op deze vlam naar de omgeving. • Een waterstofbrand geeft overdag een 'onzichtbare' vlam door een zeer schone verbranding. • Zichtbaarheid van de vlam ontstaat door vlamcontact met de omgeving ('vervuiling' van vlam). • Bij brand, vlam laten branden! Voorkom vlamcontact met personen en/of objecten: gebruik warmtebeeldcamera. • Brand en/of lekkages onder hoge druk (geeft hoog en hard geluid, gedurende tientallen seconden). • Met een warmtebeeldcamera is een lekkage zichtbaar. 	
VEILIG OPTREDEN	
<ul style="list-style-type: none"> • Start IBGS³ procedure i.v.m. onbekend (<u>groot</u>) <u>effectgebied</u> (opstellijn en blijf bovenwinds). • Draag volledige uitrukkleding, incl. adembescherming (gebruik telefoon, portofoon, pieper alleen in veilig gebied). • Houd rekening met statische elektriciteit i.v.m. ontstekingsgevaar. • Gebruik ALTIJD een <u>explosiegevaarmeter</u> en een <u>warmtebeeldcamera</u> t.b.v. zichtbaar maken lekkage en/of brand). <ul style="list-style-type: none"> ○ Explosiegevaarmeters zijn niet geijkt op waterstof. • CO-meters kunnen gebruikt worden voor het aantonen van aanwezigheid van waterstof. • Houd voldoende afstand tot het object waar waterstof aanwezig is (risico op afblazen en/of escalatie). <ul style="list-style-type: none"> ○ De te hanteren afstand verschilt per scenario/installatiegrootte (uitgewerkt in de afzonderlijke waterstof-procedures). ○ Meters kunnen niet gebruikt worden voor het bepalen van veilig/onveilig gebied, houd standaard 25 meter aan (zie laatste blok 'werkcircels waterstof-incidenten'). • Benader objecten waaruit waterstof kan vrijkomen onder een hoek van 45° i.v.m. het risico van afblazen en daarbij komende vlam/druk van vrijkomend gas. Gebruik CRS om <u>afblaasrichting bij voertuigen</u> te achterhalen! 	

³ Incidentbestrijding gevaarlijke stoffen

WERKWIJZE BIJ WATERSTOFINCIDENTEN

- Waterstof-brand NIET blussen, waar nodig (aangestraalde) objecten koelen.
- Koel een aangestraalde waterstoftank altijd met voldoende water. Voorkom contact van water met afblaasveiligheid i.v.m. koelen Thermal Pressure Relief Device (smeltzekering op afblaasventiel).
- Stel vast waar het veiligheidsventiel zit, en in welke richting deze kan afblazen.
- Houd rekening met openen van het veiligheidsventiel van een waterstoftank als die wordt aangestraald (dit gebeurt na 6-12 min. bij aanstraling/vlamcontact). Bij snelle lokale opwarming kan het ventiel eerder opengaan.
- Alarmeer /ontruim de omgeving tot ruime afstand.
- Let op ontstekingsbronnen in de omgeving (bijv. auto's en telefoons).

1. Afblazen waterstoftank

Scenario 1A: Afblazen waterstoftank - Algemeen

<p><i>Omschrijving:</i> door een te hoge druk in een tank blaast het systeem gecontroleerd af via een afblaasveiligheid (TPRD en/of overdrukventiel⁴). De vrijgekomen waterstof ontsteekt niet en kan vrij uitstromen zonder blokkade van obstakels. (effect: vrijkomen waterstof – geen ontsteking)</p> <p>Bij een te hoge druk in een tank blaast het systeem af via een afblaasveiligheid (TPRD en/of overdrukventiel).</p> <p>Kenmerken:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zeer hard en hoog geluid a.g.v. vrijkomen gas onder hoge druk (> 140 dB) - afblazen brandstoftank duurt enkele seconden tot halve minuut, daarna is deze (bijna) drukloos.
<p>Escalatie – scenario's</p> <p>Gaswolkverspreiding/ophoping afhankelijk van locatie met kans op explosieve verbranding of fakkelbrand bij ontsteking.</p> <p>Geen of vertraagde ontdekking van een lekkage zorgt voor een grotere incidentomvang door vertraging in het waarschuwen/ontruimen van de omgeving en door vertraging in het inblokken van systemen en door vertraging in het alarmeren van de hulpdiensten.</p> <p>Door niet op de juiste plekken te meten of met de verkeerde apparaten te meten vindt er geen of vertraagde detectie plaats met escalatie tot gevolg.</p> <p>Als na detectie niet de juiste en benodigde acties in gang gezet worden dan zal de incidentomvang verder toe kunnen nemen.</p> <p>Technisch falen van materiaal</p>
<p>Maatregelen Risicobeheersing (preventief)</p> <p>Toepassen juiste/meest veilige afblaasrichting tijdens het ontwerp.</p> <p>Is dit geborgd in de ontwerpnormen voor alle toepassingen van waterstoftanks?</p> <p>Voorkom congestie.</p> <p>Is bij het bepalen van de veilige afblaashoogte van een vent stack voldoende rekening gehouden met de omgeving en toekomstige ontwikkelingen in de omgeving?</p> <p>Zorgen voor detectievoorzieningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gasdetectie - akoestische lekdetectie - lekdetectie op basis van drukverloop in systemen <p>Inblokken van systemen?</p> <p>Gas detectieplan</p> <p>Eenduidigheid/richtlijnen over waar te meten?</p> <p>Wat zijn geschikte detectoren voor waterstof en welke juist niet?</p> <p>Maak een noodplan, waarin de volgende vragen worden beantwoord:</p> <p>Ontruimingsplan</p> <p>Bij welke waarden van de detectievoorzieningen volgt een (voor)alarm?</p> <p>Welke acties volgen op een (voor)alarm?</p> <p>Waar komen die alarmen binnen?</p> <p>Is geborgd dat alarmen 24/7 direct opgevolgd worden door een ter zake deskundig persoon?</p> <p>Onderzoeksvraag; is er al een gecertificeerde rookmelder/detectieplan voor waterstof? Dan kan het in een noodplan worden gevat.</p>

⁴ TRPD is smeltveiligheid (die werkt bij ca. 110°C), een PRD is drukveiligheid (werkt op een te grote druk in de tank)

Onderhoud en controle
Bepaal je effect en schade afstanden voor waterstof scenario's voor de specifieke situatie
<i>Incidentbeheersing</i>
Achterhaal de afblaasrichting van het veiligheidsventiel, veiligstellen omgeving (meten explosiegevaar en ontruimen), na sein veilig: overdracht.
Bepaal de locatie- en de afblaasrichting van de tank (gebruik hiervoor warmtebeeldcamera).
Bepaal (on)veilig gebied met geschikte meetapparatuur.
Controleer of processen zijn stopgezet, of op welke wijze dit (veilig) kan worden georganiseerd.
Bepaal (on)veilig gebied met geschikte meetapparatuur.
Ventileer besloten ruimtes i.v.m. explosiegevaar!
Eventueel brandende afblaasveiligheid niet blussen, fakkel laten afblazen, omgevingsbranden wel afblussen.
Benader voertuig/ afblazende tank haaks op de fakkel en onder dekking van een straal (LD) en koel omgeving.
Ontruim op de veilige afstand. Interne en externe veiligheidsafstanden.

Scenario 1B: Afblazen waterstoftank bij Lokale Productie

Beschrijving
<ul style="list-style-type: none"> • Door middel van elektrolyse wordt water ontleedt tot waterstof en zuurstof. • De geproduceerde waterstof wordt gedistribueerd of opgeslagen in een opslagtank. • Kan op veel locaties plaatsvinden (tankstations, of (mobiele) locaties in openbaar gebied). • Er zijn diverse veiligheids ingebouwd om lekkages rondom de productieruimte te kunnen detecteren en stoppen. • In de nabijheid van de productie ontstaat extra brandgevaar in de omgeving, door een verhoogd zuurstofpercentage in de atmosfeer (ontstaan knalgas). • Binnen de productielocatie is waterstof in diverse drukken aanwezig. Van atmosferisch (productie) tot verhoogde drukken (leidingwerk en opslagtank).
Escalatie – scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Kies de afblaasrichting van de installatie-componenten in het ontwerp zo veilig mogelijk (naar boven toe, tenzij). Kies de minimale afblaasdruk als optimum van diverse eisen.
Voorkom onnodige aanstraling door zonnewarmte.
Zorg voor frequente inspectie van afblaas-componenten.
Voorkom onterecht alarm (door detectie) bij regulier afblazen
Zorg dat de productie-eenheid [= geheel van installaties + omhullend gebouwtje (of 'technische dienstruimte')] maximaal vrij is van ontstekingsbronnen
Incidentbeheersing
Bepaal de locatie- en de afblaasrichting van de tank (gebruik hiervoor warmtebeeldcamera).
Bepaal (on)veilig gebied met explosiegevaarmeter of CO-meter (kruisgevoeligheid met waterstof).
Controleer of processen zijn stopgezet, of op welke wijze dit (veilig) kan worden georganiseerd. Controleer de omgeving met de explosiegevaarmeter op aanwezigheid extra zuurstof in lucht.
Ventileer besloten ruimtes i.v.m. explosiegevaar!
Eventueel brandende veiligheid niet blussen, fakkel laten afblazen, omgevingsbranden wel afblussen.
Benader voertuig/ afblazende tank haaks op de fakkel en onder dekking van een straal (LD) en koel omgeving.

Scenario 1C: Afblazen brandstoftanks voertuigen

Beschrijving
<p><i>Omschrijving:</i> door een te hoge druk in een tank blaast het systeem gecontroleerd af via een afblaasveiligheid (TPRD en/of overdrukventiel⁵). De vrijgekomen waterstof ontsteekt niet. De afblaasveiligheid is buiten (schuin) naar onderen gericht. Het afblazen stopt als de brandstoftank leeg is. (effect: vrijkomen waterstof – geen ontsteking)</p> <p>Personenauto's zijn vaak niet herkenbaar als waterstof- aangedreven (tanks niet zichtbaar)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanks zijn vaak geplaatst aan achterzijde voertuig (onder achterbank/kofferbak). ▪ Afblaasrichting veiligheidsventiel verschilt per merk en type voertuig. Vaak naar onderen (naar achter). ▪ Druk in de tank is <u>maximaal 700 bar</u>. <p>Bussen en vrachtwagens zijn vaak te herkennen aan een visuele aanduiding op de opbouw (reclame).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanks liggen vaak op het dak van de bus (al dan niet ingebouwd) of achter de cabine van de vrachtwagen. ▪ Afblaasrichting naar bovenkant (staand voertuig of onbekende zijkant (indien gekanteld). ▪ Druk in de tank is <u>maximaal 350 bar</u>. <ul style="list-style-type: none"> • Brandstofcellen worden vaak geplaatst in motorcompartiment, maar kunnen ook op andere plaatsen in worden ingebouwd. • Onder de motorkap zijn de verschillende onderdelen herkenbaar gemaakt met kleuren (conform ISO-norm). • Brandstoftanks zijn voorzien van overdrukventiel(en). Vaak is dit een Thermal Pressure Relief Device, waarbij het ventiel smelt bij warmte. • Beschadigingen aan tanks zijn vaak duidelijk te herkennen (deuken, breuken in de omhulling of verschillende kleuren over het oppervlak van de tank). • Afblaasrichting tanks is per type voertuig verschillend. Hanteer werkcirkels bij voertuigen: 25 meter en 50 meter. • In voertuigen is waterstof in lage druk (>2 bar, elektrolyser), middendruk (ca. 15 bar, leidingen) en hoge druk (>350bar, tanks) aanwezig.
Escalatie – scenario's
<p>Afblazen van een voertuigtank moet in samenhang gezien worden met de locatie waar dat afblazen plaats kan vinden en beoordeeld worden op mogelijke escalatie als gevolg van aanwezigheid van waterstofgas dat kan ontbranden</p> <p>Kan de drukgolf die ontstaat bij afblazen een issue zijn?</p>

⁵ TRPD is smeltveiligheid (die werkt bij ca. 110°C), een PRD is drukveiligheid (werkt op een te grote druk in de tank)

Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
<p>Management of Change. Introductie van waterstofvoertuigen in bestaande omgeving(en) vereist het opnieuw beoordelen of dat mogelijk is met de bestaande maatregelen of dat aanpassingen nodig zijn of een verbod.</p> <p>Voertuigen komen op vele plaatsen dus denk bijvoorbeeld aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parkeergarages • Tunnels • Open bouwlaag onder gebouwen/OV hubs • Onder de luifels • In loodsen/gebouwen • Garages van woonhuizen • Werkplaatsen/garages voor onderhoud aan voertuigen • Remises/stallingen • Bedrijfsterreinen • Parkeerterreinen <p>En de voertuigen zullen ergens moeten tanken en dat zal niet altijd bij een openbaar tankstation zijn.</p>
<p>Voldoen aan PGS 26⁶ zodra geschikt voor waterstof m.b.t. stallen en onderhoud en repareren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zit hier waterstof lokaal tanken in? • Goede normen voor tankinstallaties. • Goede stalling is eigenlijk dus niet waar ook een tankinstallatie staat. Dit moet eigenlijk verboden worden.
<p>Het moet duidelijk/voorspelbaar zijn waar het voertuig afblaast</p>
<p>Handelingsperspectief voor de chauffeur voor de verschillende locaties waar hij/zij is</p>
<p>Producenten moeten weten welke risico's er zitten aan het laten rondrijden van een waterstofvoertuig</p>
<p>Het moet duidelijk/voorspelbaar zijn waar het voertuig afblaast</p>
Incidentbeheersing
<p>Benader objecten waaruit waterstof kan vrijkomen onder een hoek van 45° i.v.m. het risico van afblazen en daarbij komende vlam/druk van vrijkomend gas. Gebruik CRS om <u>afblaasrichting bij voertuigen te achterhalen!</u></p>
<p>Bepaal de locatie- en de afblaasrichting van de tank (gebruik hiervoor Crash Recovery System of ADAC).</p>
<p>Houdt standaard 25 meter aan voor de opstellij, of meer, indien omstandigheden daartoe aanleiding geven.</p>
<p>Gebruik tijdens een inzet altijd de explosiegevaarmeter. Om te detecteren of waterstof aanwezig is kun je de CO meter gebruiken.</p>
Ventileer besloten ruimtes i.v.m. explosiegevaar!
<p>Waterstofbrand/-vlam niet blussen, fakkel laten afblazen, omgevingsbranden wel afblussen.</p>
<p>Benader een voertuig/ afblazende tank bij voorkeur niet: blijf op ruimte afstand.</p>
<p>Gebruik de worplengte van de straal (Lage Druk) om de omgeving te koelen (indien nodig).</p>
Opmerkingen
<p>Opmerkingen over PGS 26 neerleggen bij WP3. Inpandig afleveren van waterstof?</p>
<p>Goed kijken of de juiste incidentbeheersing punten bij de juiste scenario's genoemd zijn</p>
<p>Bij de incidentbeheersing ook benoemen wat de bhv zelf kan uitvoeren: hier duidelijk onderscheid in maken</p>

⁶ PGS 26 wordt uitgebreid met waterstofvoertuigen; het gaat om bedrijfsmatige toepassingen

Scenario 1D Afblazen brandstoftanks Waterstoftankstation

Beschrijving
Scenario's bij een tankstation zijn gebaseerd op de volgende oorzaken: <ul style="list-style-type: none"> - Overvulling door te hoge druk t.o.v. brandstoftank in het voertuig. - Temperatuur bij vullen brandstoftank wordt te hoog (compressie etc.). - Overvulling als gevolg van een te lage buitentemperatuur. <i>Bij een te hoge druk in de tank, vaak veroorzaakt door overvulling of warmte-aanstraling, blaast de tank af via een afblaasventiel.</i>
Escalatie
Vertraagde ontsteking – Noorwegen incident
Lekkage door ambiante veranderingen (temp/ zomer – winter) eerste periode na installatie meer lekkages.
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Ventilatie condities – lastig bij groot lek
ATEX-zones voorkomen indirecte ontsteking bij binnen opslag,
Positie (hoogte tot grond en equipment) ventstek is ontworpen op directe ontsteking.
Explosieluiken om druk veilige richting af te voeren bij ontsteking
Volume -> drukdaling; gasdetectie alleen binnen, buiten niet nodig. Markeren koppelingen om weglopen te detecteren
Goede montage en keuze van juiste type koppelingen. Controle op fabricage
Incidentbeheersing
Bepaal de oorzaak van het afblazen van de opslagtank en de locatie- en de afblaasrichting van de tank (gebruik hiervoor warmtebeeldcamera).
Houdt standaard 25 meter aan voor de opstellijn, of meer, indien omstandigheden daartoe aanleiding geven.
Gebruik tijdens een inzet altijd de explosiegevaarmeter. Om te detecteren of waterstof aanwezig is kun je de CO meter gebruiken.
Ventileer besloten ruimtes i.v.m. explosiegevaar!
Eventueel brandende veiligheidsvoorziening of waterstofbrand niet blussen, fakkel laten afblazen, omgevingsbranden wel afblussen.
Benader een voertuig/ afblazende tank niet, blijf op ruimte afstand. Gebruik de worplengte van de straal (LD) om de omgeving te koelen (indien nodig).
Opmerkingen
Wat is de (explosie)druk die vrij kan komen bij een waterstof vertraagde ontsteking? -> veiligheidsglas binnen bepaalde straal.
De markt moet duidelijke waterstof specificaties toe gaan passen. Met name medium pressure koppelingen zijn onvoldoende betrouwbaar.

2. Waterstofbrand (fakkelbrand)

Scenario 2A Waterstofbrand: algemeen

<p><i>Omschrijving:</i> Door een lekkage van waterstof - in de gasfase - uit een tank of leiding ontstaat door ontsteking een fakkelbrand. De fakkelbrand zal enkele seconden tot minuten duren. (effect: vrijkomen waterstof – onmiddellijke ontsteking, dus jet-fire)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Als gevolg van een lekkage van waterstof ontstaat een brand, die zich voordoet in de gasfase (fakkelbrand). - Afhankelijk van de grootte van de tank en/of installatiedeel zal de afblaastijd variëren tussen enkele seconden tot minuten. - Fakkellengte en duur hangen af van vullingsgraad van de tank en de inwendige diameter van de afblaasveiligheid. - Een volle tank van een bus of vrachtwagen heeft een groter volume, maar een lagere druk (<350 bar), dan een personenauto. - Bij een volle brandstoftank van een personenauto (750 bar) kan de vlam 30 seconden duren en 25 meter lang worden.
<p>Escalatie – scenario's</p>
<p>Aanstraling van omliggende objecten en draagconstructies met falen tot gevolg. Aanstraling van aanwezige personen</p>
<p>Geen of vertraagde ontdekking van een lekkage/brand zorgt voor een grotere incidentomvang door vertraging in het waarschuwen/ontruimen van de omgeving en door vertraging in het inblokken van systemen en door vertraging in het alarmeren van de hulpdiensten.</p>
<p>Door niet op de juiste plekken te meten of met de verkeerde apparaten te meten vindt er geen of vertraagde branddetectie plaats met escalatie tot gevolg.</p>
<p>Als na branddetectie niet de juiste en benodigde acties in gang gezet worden dan zal de incidentomvang verder toe kunnen nemen.</p>
<p>Maatregelen Risicobeheersing (preventief)</p>
<p>Toepassen juiste/meest veilige afblaasrichting tijdens het ontwerp. Is dit geborgd in de ontwerpnormen voor alle toepassingen van waterstoftanks?</p>
<p>Maatregelen als een brandmuur of brandpanelen als scheiding tussen installatiedelen, maar voorkom congestie. Toepassing van passieve brandbescherming mits geschikt voor waterstof fakkelbranden van hoge druk.</p>
<p>Actief koelen met water van objecten die op grotere afstand staan is mogelijk, maar objecten in het pad van de fakkel zijn niet adequaat te koelen omdat de druk van de fakkel alle water wegblaast. Bovendien kan koelen met water er voor zorgen dat een TPRD niet in werking treedt en een volgend drukvat niet veilig afblaast, maar bezwijkt</p>
<p>Zorgen voor brand detectievoorzieningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - akoestische lekdetectie - lekdetectie op basis van drukverloop in systemen - branddetectie
<p>Eenduidigheid/richtlijnen over waar te meten? Wat zijn geschikte detectoren voor waterstofbranden en welke juist niet?</p>

<p>Bij welke waarden van de detectievoorzieningen volgt een (voor)alarm? Welke acties volgen op een (voor)alarm? Waar komen die alarmen binnen? Is geborgd dat alarmen 24/7 direct opgevolgd worden door een ter zake deskundig persoon?</p>
<p>Zichtbaarheid van de vlam moet worden georganiseerd.</p>
<p>Bij aanleg van leidingen is rekening gehouden met het kunnen ontstaan van fakkelbranden en zijn maatregelen getroffen om aanstralen te voorkomen</p>
<p><i>Incidentbeheersing</i></p>
<p>Houd vast aan werkcirkels: 25 meter bij 1^e werkcirkel, 50 meter bij 2^e werkcirkel (opstellen voertuig)</p>
<p>Achterhalen afblaasrichting van het veiligheidsventiel, koelen omgeving/voorkomen escalatie, waterstofbrand NIET blussen. Blijf bij een fakkelbrand op afstand tot de fakkel weg is!</p>

Scenario 2B Waterstofbrand – Lokale productie

Beschrijving
Zie beschrijving scenario 1B
Escalatie – scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Deugdelijk ontwerp elektrolyse-apparatuur en toebehoren, validatie van ontwerp door bevoegde instanties, zorgvuldige aanleg en controle op veiligheid bij ingebruikname.
Inspectieregime en waterstofdetectie + alarm ter voorkoming van fakkelbrand
Verbod op brandbare vloeistoffen in de productie-eenheid (technisch gebouw); zeer streng verbod voor roken.
Duidelijk en veilig onderhoudsprotocol voor gecertificeerde monteurs
Goede bescherming tegen externe branden (brandvertragende wanden)
Incidentbeheersing
Stel met de warmtebeeldcamera vast hoe groot de vlam is (inschatten risico's).
Niet blussen, uitbreiding incident voorkomen door koelen omgeving (objecten in direct vlamcontact)!
Altijd met richting van de fakkel mee koelen.

Scenario 2C Waterstofbrand – Voertuigbrand (drukbrand)

Beschrijving <p><i>Omschrijving:</i> Door een lekkage van waterstof - in de gasfase - uit een brandstoftank van een waterstofvoertuig ontstaat door ontsteking vanwege de lage ontstekingsenergie een jet-fire (fakkelfire). De jet-fire zal enkele seconden tot minuten duren (effect: vrijkomen waterstof – onmiddellijke ontsteking, dus jet-fire).</p> <p>Waterstof aangedreven voertuigen mogen ook een lading gevaarlijke stoffen transporteren. Houd het voertuigontwerp in dat geval voldoende rekening met een veilige afblaasrichting in relatie tot de lading?</p>
Escalatie-scenario's <p>Uitbreiding van de brand naar de lading gevaarlijke stoffen.</p>
Maatregelen Risicobeheersing (preventief) <p>Afblaasrichting moet niet richting aanwezige gevaarlijke lading gaan.</p> <p>Omgeving bepaald wat er belangrijk is, wat er aangestraald wordt.</p> <p>Laden en lossen van vrachtwagens etc. het is een extra risico om dit te vervoeren.</p> <p>Ov-bussen onder het station: bovenliggende constructies</p> <p>Chauffeurs krijgen een opleiding voor waterstofbus</p> <p>Bijvoorbeeld: Stoppen buiten de overkapping bij zichtbare brand</p>
Incidentbeheersing <p>Houd <u>minimaal 25 meter</u> afstand i.v.m. lengte fakkel en zeer hard geluid (>140dB).</p> <p>Ontruim omgeving tot 50 meter afstand.</p> <p>Stel met de warmtebeeldcamera vast hoe groot de vlam is (inschatten risico's).</p> <p>Waterstofbrand/-vlam niet blussen, uitbreiding incident voorkomen door koelen omgeving (objecten in direct vlamcontact)!</p> <p>Altijd met richting van de fakkel mee koelen.</p> <p>Stel vast waardoor de drukbrand wordt veroorzaakt: afblaasventiel of andere lekkage?</p>

Scenario 2D: Waterstofbrand: voertuigbrand (lekkage)

Beschrijving
Omschrijving (zie ook scenario 2C): Door een lekkage van waterstof - in de gasfase - uit een brandstoftank van een waterstofvoertuig ontstaat door ontsteking vanwege de lage ontstekingsenergie een jet-fire (fakkelbrand). De jet-fire zal enkele seconden tot minuten duren (effect: vrijkomen waterstof – onmiddellijke ontsteking, dus jet-fire)
Escalatie-scenario's
Nog nader invullen (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
idem
Incidentbeheersing
Houd rekening met de veiligheidsafstanden (veiligheidszone, pagina 2).
Benader het voertuig vanaf de voorzijde, onder een hoek van 45°.
Benader het voertuig NOOIT vanaf de achterzijde in een zone van 25 meter.
Houd bij het opstellen van het blusvoertuig rekening met de afblaasrichting van de afblaasveiligheid!
Houd <u>minimaal 25 meter</u> afstand i.v.m. kans op ontstaan fakkelbrand en zeer hard geluid (>140dB).
Waterstofbrand (fakkel) niet blussen, uitbreiding voorkomen door koelen omgeving. Altijd in de richting van de fakkel mee koelen.
Controleer met een warmtebeeldcamera de lengte van de vlam (deel is onzichtbaar!) en de omgeving.
Benader het voertuig altijd onder dekking van een straal en blus de voertuigbrand zo snel mogelijk met zoveel mogelijk water af. Gebruik hierbij zoveel mogelijk de worplengte van de (Lage Druk) straal!

Scenario 2E Waterstofbrand – Waterstoftankstations

Beschrijving
Zie scenario 1D
Escalatie – scenario's
Lokale aanstraling blijft mogelijk met verzwakking van het aangestraalde materiaal.
Onbekend welke kant een koppeling op zal lekken, richting jetfire niet te voorspellen dan.
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Interne afstanden van waterstof naar andere brandstoffen en extern. dispersie berekening voor hittestraling.
Fire detectie IR/ temp/ kan veel loze meldingen geven bij verkeerde toepassing/ Opuntsdrift
Als het kan geen flenzen gebruiken maar knelkoppeling i.v.m. escalatie snelheid.
Chauffeur trainen op herkenning van lekkage/ ontstoken wolk
Controle op montage is zeer belangrijk om toekomstige lekkage te voorkomen.
Incidentbeheersing
Stel met de warmtebeeldcamera vast hoe groot de vlam is (inschatten risico's).
Houd minimaal 30 meter afstand i.v.m. langere lengte fakkel door hogere drukken en zeer hard geluid (> 140 dB).
Ontruim de omgeving tot ruime afstand (minimaal 100 meter rondom object).
Niet blussen van de waterstofbrand, uitbreiding incident voorkomen door koelen omgeving (objecten in direct vlamcontact)!
Altijd met richting van de fakkel mee koelen.
Stel vast waardoor de drukbrand wordt veroorzaakt: afblaasventiel of andere lekkage?
Opmerkingen
Meer kennis nodig over – brand barrière rondom de koppeling tussen (composiet) fles en leiding/klep

3 Beschadigde waterstofinstallatie als gevolg van een ongeval (externe invloed)

Scenario 3A Beschadigde waterstofinstallatie - Algemeen

Beschrijving
<i>Omschrijving:</i> Door impact ontstaat een beschadiging aan de waterstofinstallatie. En ontstaat lekkage van waterstof uit de leidingen/appendages, maar door het veiligheidssysteem van de installatie (elektromagnetische afsluiters, druk-regulatoren en -sensoren) niet uit de tank. Ontsteking van de vrijgekomen waterstof vindt niet plaats (effect: vrijkomen waterstof – lek gedetecteerd en geïsoleerd – geen ontsteking).
Escalatie – scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
<ul style="list-style-type: none"> Routering Aanrijdbeveiliging Snelheidsreducerende maatregelen Beveiliging tegen vallende objecten
Opsluiten waterstof in opslagtank, daardoor alleen uitstroom van waterstof vanuit leidingen.
Incidentbeheersing
Herken beschadigingen (deuken, breuken in isolatie of verschillende kleuren in de appendages, leidingen).
De cilinder kent aan de binnen-en buitenzijde verschillende kleuren: beschadiging daarom goed te herkennen.
Optreden: veiligstellen tank en omgeving, ondersteunen berging/THV en overdracht aan exploitant.

Scenario 3B Beschadigde waterstofinstallatie – Lokale productie

Beschrijving
Er zijn veel variabelen voor incidenten. Dit vergt maatwerk per locatie. Op dit moment zijn er nog te weinig voorbeelden van lokale productie.
Escalatie
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Solide bescherming tegen aanrijdingen van alle waterstofhoudende eenheden, ook bestendigheid vereisen tegen zwaar verkeer
Zo veel mogelijk solide bescherming tegen objecten die van bovenaf op de installaties zouden kunnen vallen, op zijn minst zware takken en zware stenen (vandalisme)
Bestendigheid tegen krachten als storm, ijs/waterbevrozing, zwaar vuurwerk (vandalisme)
Incidentbeheersing
Nog in te vullen door WP2.

Scenario 3C: Beschadigde brandstofinstallatie als gevolg van ongeval (externe invloed) – Voertuigen

Beschrijving
<i>Omschrijving:</i> Door impact ontstaat een beschadiging aan de waterstofinstallatie in het voertuig. En ontstaat lekkage van waterstof uit de leidingen/appendages, maar door het veiligheidssysteem van het voertuig (elektromagnetische afsluiters, druk-regulatoren en -sensoren) niet uit de tank. Ontsteking van de vrijgekomen waterstof vindt niet plaats (effect: vrijgekomen waterstof – lek gedetecteerd en geïsoleerd – geen ontsteking).
Escalatie-scenario's
Nog nader in te vullen (actie WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
idem
Incidentbeheersing
Bepaal aard van de beschadiging (beschadiging op tank/appendages, mogelijke lekkage en kans op falen van de systemen etc.).
Controleer (on)veilig gebied en risico's t.b.v. ontwikkeling incident (ontwikkeling gaswolk).
Stel veilig gebied vast en verleen ondersteuning bij berging/THV. Let op mogelijkheid onstabiele tank.

Scenario 3D: Beschadigde opslagtank/leverzuil als gevolg van ongeval (externe invloed) – Waterstoftankstation

Beschrijving
Zie scenario's 1D en 3A
Escalatie
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Aanrijdbeveiliging – hoge stoeprand/ dikke gevulde palen afhankelijk van de klanten. Geeft ook visueel reden tot verder weg plaatsen van voertuig.
Tilt switch die onder het maaiveld dichtzet – deze staat al dicht als er niet getankt wordt. -> geeft wel altijd alarm. Dispenser volledig eraf rijden geeft nog meer storingen in de communicatie.
Incidentbeheersing
Bepaal aard van de beschadiging (lekkage, kans op versnelde drukopbouw etc.).
Controleer (on)veilig gebied en risico's t.b.v. ontwikkeling incident.
Stel veilig gebied vast en ontruim onveilig gebied. Verleen daarna eventueel ondersteuning bij berging/THV.
Ontruim omgeving tot voldoende afstand (zeker 50 meter afstand vanaf incidentlocatie).

4 Aanstraling van een waterstoftank (ander type brand dan waterstof)

Scenario 4A Aanstraling waterstoftank – Algemeen

Beschrijving
<i>Omschrijving:</i> Door een brand in de omgeving wordt een installatie/tank met waterstof aangestraald. De aanstraling zorgt voor een toenemende warmte/druk. Hierdoor bereikt de temperatuur/druk de ontwerpdruk van de smelt/drukveiligheid. Waterstof komt vrij en wordt door de hitte onmiddellijk ontstoken (effect: aanstraling van een waterstoftank - vrijkomen waterstof via veiligheid - onmiddellijke ontsteking – jet-fire)
Escalatie-scenario's
Zie PGS 35
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Zie PGS 35.
Incidentbeheersing
Koeling van waterstofinstallaties/tank is mogelijk. Houd aandacht om TPRD zo min mogelijk te koelen.
Optreden: koelen omgeving/voorkomen escalatie, waterstofbrand NIET blussen (koel een tank met minimaal 10l/m ² /min).

Scenario 4B Aanstraling waterstoftank – Lokale Productie

Beschrijving
Zie scenario 4A
Escalatie-scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Verbod op brandbare vloeistoffen in de productie-eenheid (technisch gebouw); zeer streng verbod voor roken.
Goede bescherming tegen externe branden (brandvertragende wanden)
Nader te bezien: blusmiddelen in de productieruimte?
Incidentbeheersing
Koel de tank met zoveel mogelijk water, zolang er GEEN waterstof-lekkage is.
Houd ruim afstand minimaal 25 meter afstand i.v.m. kans op ontstaan fakkelbrand en zeer hard geluid (>140dB).
Benader de tank altijd onder dekking van een straal en blus brand zo snel mogelijk zoveel mogelijk af!

Scenario 4C: Aanstraling van de brandstoftank – voertuig

Beschrijving
<i>Omschrijving:</i> Door een brand in de omgeving wordt een waterstofvoertuig aangestraald. De aanstraling zorgt voor een toenemende warmte/druk. Hierdoor bereikt de temperatuur/druk de ontwerpdruk van de smelt/drukveiligheid. Waterstof komt vrij en wordt door de hitte onmiddellijk ontstoken. De afblaasrichting van het waterstofvoertuig is (schuin) naar onderen gericht (effect: aanstraling van een waterstofvoertuig – opwarming van de brandstoftank met waterstof - vrijkomen waterstof via veiligheid - onmiddellijke ontsteking – jet-fire).
Escalatie-scenario's
Nader in te vullen door (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Idem Zijn er eisen nodig voor plaatsing van de tank in een voertuig?
Incidentbeheersing
Indien mogelijk: koel de tank met zoveel mogelijk water, of voorkom dat de tank wordt aangestraald. Dit kan zolang er GEEN waterstoflekkage is. Gebruik hierbij de worplengte van de straal!
Houd <u>minimaal 25 meter</u> afstand i.v.m. kans op ontstaan fakkelbrand en zeer hard geluid (>140dB).
Indien een waterstofauto wordt aangestraald: voorkom overslag/opwarmen tank, door voertuig af te schermen met een waterstraal. Gebruik hierbij de worplengte van de straal!
Benader het voertuig altijd onder dekking van een straal en blus brand zo snel mogelijk zoveel mogelijk af!

Scenario 4D Aanstraling waterstoftank – Waterstoftankstation

Beschrijving
Zie scenario 4A Waterstoflekkage veroorzaakt een zeer hard geluid (>140dB) en kan leiden tot fakkelbrand.
Escalatie-scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
PGS 35
Beton reduceert tot 10kw/m
Dispensers hebben temp detector – trip op 60 graden.
Composiet tanks gaan bij 180 graden lekken door het smelten/vergaan van de epoxy/ HDPE liner (thermoharder/ thermoplast).
Incidentbeheersing
Indien mogelijk: koel de tank met zoveel mogelijk water, of voorkom dat de tank wordt aangestraald. Dit kan zolang er GEEN waterstoflekkage is. Gebruik hierbij de worplengte van de straal (bij opslagtank: gebruik straatwaterkanon)!
Houd minimaal 30 meter afstand i.v.m. langere lengte fakkel door hogere drukken en zeer hard geluid (>140dB kans op ontstaan fakkelbrand en zeer hard geluid (>140dB).
Indien een waterstofauto wordt aangestraald: voorkom overslag/opwarmen tank, door voertuig af te schermen met een waterstraal. Gebruik hierbij de worplengte van de straal! Houd dan minimaal 25 meter afstand.
Opmerkingen
PGS 25 discussie over achtergrond data -> output was input voor PGS 35.
Afstand voertuig rijdende op waterstof/ batterijen -> installatie

**Scenario 4E: Aanstraling waterstofcilinder (ander type brand dan waterstof) –
 Wegtransport**

Beschrijving
Door een externe brand worden cilinders op de trailer aangestraald en warmen op. Hierbij ontstaat kans op escalatie, omdat de waterstofcilinders kunnen falen.
Escalatie-scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Maatregelen volgens de ADR. Nader in te vullen (WP2 – WP3).
Incidentbeheersing
Blus de brand nabij de cilinder(s) zo snel mogelijk.
Omgeving afschermen (cilinders koelen met minimaal 10l/min./m ² , gebruik daarbij een (straat)waterkanon).
Voorkom zoveel mogelijk dat de afblaasveiligheid wordt natgemaakt (voorkomen afkoelen Thermal Pressure Relief Device).
Monitor met warmtebeeldcamera of er lekkages waterstof zijn en/of cilinders toch opwarmen.
Houd rekening met kans op drukopbouw bij langdurige aanstraling. Veiligheidsvoorzieningen van de cilinders/trailer treden dan in werking.
Houd rekening met escalatie van het scenario en zorg voor voldoende afstand. Ontruim hierbij de omgeving tot voldoende afstand (minimaal 500 meter). Indien mogelijk kunnen hulpdiensten dichterbij komen, tot 100 meter.

5 Waterstoflekage (leiding, koppeling, etc.)

Scenario 5A Waterstoflekage - Algemeen

Beschrijving
<p><i>Omschrijving I:</i> Door aanrijding of foute bediening van een tank of installatie ontstaat een lekkage van waterstof. De inhoud van de volledige tank stroomt leeg. Omdat waterstof lichter dan lucht is stijgt waterstof op zonder blokkade van obstakels (effect: vrijkomen waterstof – geen ontsteking).</p> <p><i>Omschrijving II:</i> Door aanrijding of foute bediening van een tank of installatie ontstaat een lekkage van waterstof. De inhoud van de volledige tank stroomt leeg. Ophoping van waterstof vindt plaats onder een overkapping. De opgehoopte waterstof ontsteekt met een explosie tot gevolg (effect: vrijkomen waterstof – geen onmiddellijke ontsteking – vertraagde ontsteking – explosie)</p>
Escalatie-scenario's
Nader in te vullen (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
idem
Incidentbeheersing
Benader het object met een warmtebeeldcamera als er geen duidelijk hoorbare lekkage is (scannen op lekkage).
Optreden: voorkom brand/ voorkom escalatie, veiligstellen omgeving (meten explosiegevaar en ontruimen), opmengen gaswolk met (straat)waterkanon.

Scenario 5B Waterstoflekkage – Lokale Productie

Beschrijving
Zie scenario 1B en 5A
Escalatie-scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Vanwege relatief veel apparaten en veel kwetsbare plaatsen, met name alle afsluiters, lasnaden, bevestigingsmiddelen etc. is preventie van lekkage een cruciale hoofdzaak. Vergt als maatregel een uitgekiend, adequaat inspectieregime en een detectie + alarm.
Permanente drukmetingen van alle drukvaten en een 'interventie-draaiboek' m.b.t. onverwachte drukveranderingen.
Incidentbeheersing
Bepaal (on)veilig gebied met explosiegevaarmeter en/of warmtebeeldcamera.
Stel aard van lekkage vast en probeer deze te stoppen. Maak hierbij gebruik van het geluid van de lekkage en controleer aanwezigheid waterstof met warmtebeeldcamera en CO-meter.
Houd rekening met de mogelijkheid dat bij de productie op diverse plaatsen waterstofsensoren aanwezig kunnen zijn. Maak gebruik van de informatie die zij afgeven, organiseer dit samen met de exploitant.
Lekkage zal in de gasfase plaatsvinden, en in besloten ruimte zeer snel een explosief mengsel vormen.
Houd rekening met escalatie van het scenario en zorg voor voldoende afstand (ontruim omgeving).

Scenario 5C: Waterstoflekkage – Waterstoftankstation

Beschrijving
Zie scenario's 1D en 6A
Escalatie-scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Zie PGS 35 Actieve monitoring is vereist – bij storing of waarschuwingssignalen goede en tijdige opvolging met mogelijke doormelding en/of alarmering voor incidentbeheersing.
Incidentbeheersing
Druk noodknop in t.b.v. noodvoorzieningen (afblaasvoorziening en stoppen levering), indien dit door het break-away systeem (koppeling) nog niet is voorgevallen.
Bepaal (on)veilig gebied met CO-meter, explosiegevaarmeter en/of warmtebeeldcamera.
Stel aard van lekkage vast en probeer deze te stoppen. Maak hierbij gebruik van het geluid van de lekkage en controleer aanwezigheid waterstof met warmtebeeldcamera en CO-meter.
Maak gebruik van de in het tankstation aanwezige veiligheidsvoorzieningen, zoals waterstofsensoren. Maak gebruik van de informatie die de voorzieningen beschikbaar stellen. Neem zo nodig en mogelijk contact op met de exploitant en overleg de situatie.
Houd rekening met escalatie van het scenario en zorg voor voldoende afstand m.b.t. ontruiming omstanders.

Scenario 5D: Lekkage brandstoftank (of motorcompartiment)

Beschrijving
<p><i>Omschrijving I (zie ook scenario 2C):</i> Door een lekkage van waterstof - in de gasfase - uit een brandstoftank van een waterstofvoertuig ontstaat door ontsteking vanwege de lage ontstekingsenergie een jet-fire (fakkelbrand). De jet-fire zal enkele seconden tot minuten duren (effect: vrijkomen waterstof – onmiddellijke ontsteking, dus jet-fire)</p> <p><i>Omschrijving II:</i> Door een lekkage - in de gasfase - uit een brandstoftank van een waterstofvoertuig komt waterstof vrij. De waterstof kan zich ophopen door obstakels. De opgehoopte hoeveelheid waterstof ontsteekt met een explosie tot gevolg (effect: vrijkomen waterstof – geen onmiddellijke ontsteking – vertraagde ontsteking - explosie).</p>
Escalatie-scenario's
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Nader in te vullen (WP2)
Incidentbeheersing
Houdt standaard 25 meter aan voor de opstellijn, of meer, indien omstandigheden daartoe aanleiding geven.
Gebruik tijdens een inzet altijd de explosiegevaarmeter. Om te detecteren of waterstof aanwezig is, kun je de CO-meter gebruiken.
Stel aard van lekkage vast en probeer deze te stoppen. Maak hierbij gebruik van het geluid van de lekkage en controleer aanwezigheid waterstof met warmtebeeldcamera en CO-meter.
Op diverse plaatsen in het voertuig (o.a. motorcompartiment) zijn waterstofsensoren aanwezig. Deze treden in werking wanneer waterstof gemeten wordt (lekkage). Er wordt een vooralarm gegeven (1 Vol-%). Bij 3 vol-% wordt het voertuig uitgeschakeld en veiligheidsafsluiters gesloten.
Houd rekening met aanwezigheid waterstofgas onder de motorkap en daardoor kans op ontsteken! Lekkage zal in de gasfase plaatsvinden en snel een explosief mengsel vormen.
Houd rekening met escalatie van het scenario en zorg voor voldoende afstand (eigen personeel en ontruiming).

Scenario 5E: Lekkage waterstofcilinder (of koppeling met trailer) - Wegtransport

Beschrijving
Omschrijving: Door een verkeerde handeling of impact ontstaat lekkage uit een waterstofcilinder. De inhoud van de volledige cilinder stroomt leeg. Ophoping van waterstof vindt plaats onder een overkapping. De opgehoopte waterstof ontsteekt met een explosie tot gevolg (effect: vrijkomen waterstof – vertraagde ontsteking – explosie).
Escalatie-scenario's
Nader in te vullen (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Idem Goede instructies maken voor chauffeurs en/ of operators nodig.
Incidentbeheersing
Bepaal aard van de lekkage en probeer deze te stoppen.
Stel vast of er een lekkage aanwezig is (hoorbaar) en benader objecten met een warmtebeeldcamera
Houdt standaard 25 meter aan voor de opstellij, of meer, indien omstandigheden daartoe aanleiding geven.
Gebruik tijdens een inzet altijd de explosiegevaarmeter. Om te detecteren of waterstof aanwezig is, kun je de CO-meter gebruiken.
Houd rekening met escalatie van het scenario en zorg voor voldoende afstand. Ontruim hierbij de omgeving tot op voldoende afstand (>500 meter). I.v.m. kans op wegschieten van de cilinders.

Scenario 5F: Lekkage waterstof tijdens het laden- en lossen - Wegtransport

Beschrijving
Tankwagen vult een opslagtank of een brandstoftank. Daarbij ontstaat een lekkage al dan niet met brand. Onderscheid maken tussen afblazen en echte lekkage.
Escalatie-scenario's
Nader in te vullen (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
Idem Goede instructies maken voor chauffeurs en/ of operators nodig.
Incidentbeheersing
Bepaal gevolgen van het incident: lekkage, (on)veilig gebied, risico's t.b.v. lekkage en afblazen. Controleer dit aan de hand van geluid (afblazen) en/of een scan met de warmtebeeldcamera en/of CO-meter.
Goede doormelding/ beschrijving incident voor de alarmering naar hulpdiensten.
Controleer of er veiligheidsvoorzieningen zijn om lekkage of verpompen (laden/lossen) te kunnen stoppen. Gebruik deze indien nodig, om incident evt. te kunnen stabiliseren.
Onderneem actie om onveilig gebied veilig te stellen (start ontruiming), overweeg mogelijkheid redding slachtoffer.
Controleer op aanwezigheid brand en treedt op conform de waterstof-procedure (koelen omgeving en ontruimen gevaarlijke gebied). Gebruik hiervoor de warmtebeeldcamera.
Verleen ondersteuning bij berging en stabiliseren incident.
Opmerkingen
Lossing zonder persoon/ onderdeel van de installatie of niet?
Tube trailer langer op locatie, verschil tussen PED/TPED en ADR.
Hoe sterk zijn de slangen? Vergelijkbaar onderzoek als bij LNG gedaan www.safelng.nl

Scenario 5G: Lekkage waterstof: gefaalde drukhouders als gevolg van ongeval (externe invloed)

Beschrijving
<i>Omschrijving:</i> Door aanrijding van een vrachtwagen/trailer met drukhouders ontstaat een lekkage van waterstof. De inhoud van de beschadigde cilinders stroomt leeg. Omdat waterstof lichter dan lucht is stijgt waterstof op zonder blokkade van obstakels. (effect: vrijkomen waterstof – geen onmiddellijke ontsteking – geen vertraagde ontsteking – geen effect)
Escalatie-scenario's
Nader in te vullen (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
idem
Incidentbeheersing
Bepaal aard van het ongeval en mogelijke gevolgen van ongeval op de integriteit van de waterstofcilinders (drukhouders).
Stel vast of er een lekkage aanwezig is (hoorbaar) en benader objecten met een warmtebeeldcamera.
Gebruik tijdens een inzet altijd de explosiegevaarmeter. Om te detecteren of H ² aanwezig is kun je de CO meter gebruiken.
Hanteer primair een opstellijn van 500 meter. Vanaf daar verkenning starten. Opstellijn verplaatsen indien de risico's dit toelaten.
Controleer de cilinders op beschadigingen (beschadiging op veiligheidsvoorzieningen, mogelijke lekkage, kans op evt. falen van de cilinder etc.).
Controleer (on)veilig gebied en risico's t.b.v. ontwikkeling incident (ontwikkeling gaswolk): ontruim in ruime omtrek. Houd hierbij rekening met grote afstand i.v.m. losgeraakte onderdelen van de trailer (ca. 500 meter).

Scenario 5H: Waterstoflekkage: gekantelde waterstoftrailer

Beschrijving
Zie 6A
Escalatie-scenario's
Zie Hazid-studie Nader in te vullen (WP2)
Maatregelen Risicobeheersing (preventief)
idem
Incidentbeheersing
Bepaal gevolgen van het incident: lekkage, (on)veilig gebied, risico's t.b.v. lekkage en afblazen). Controleer dit aan de hand van geluid (afblazen) of een scan met de warmtebeeldcamera en/of CO-meter.
Onderneem actie wanneer cilinders beschadigd zijn (ontruimen onveilig gebied).
Controleer op aanwezigheid brand en treedt op conform de waterstof-procedure (Kaart Algemene procedure): koel omgeving en ontruim gevaarlijke gebied.
Stel veilig gebied vast en verleen ondersteuning bij berging/THV.
Controleer afblaasveiligheid en let op mogelijkheid verplaatsen emissiepunt (t.b.v. veilig werken THV).

6. BIJLAGE

Enkele voorbeelden van de in dit document nog niet opgenomen (toekomstige) waterstoftoepassingen:

- Interne transportmiddelen (en daarmee ook de noodzaak tot tanken op een bedrijfsterrein of zelfs binnen)
 - Transportmiddelen in loodsen
 - Transportmiddelen op bedrijfsterreinen
- OV-bussen
- Vrachtwagens (deels wel in dit document)
- Voertuigen voor stedelijke distributie (van (bak)fietsen, bestelauto's tot vrachtwagens)
- Gemeentelijke wagenparken (veegmachines, vuilniswagens, kolkenzuigers, etc.)
- Grondverzetmachines (bouwwerkzaamheden in steden moeten vergroenen en zero emission worden)
- Kleinschalige persoonlijke transportmiddelen (fietsen, steps)
- Mobiele stroomaggregaten
- Vast opgestelde stroomaggregaten
- Treinen op waterstof
- Binnenvaart op waterstof (denk ook aan ferry's en watertaxi's)
- Zeevaart op waterstof
- Drones
- Transport per spoor
- Transport over water
- Transport per buisleiding
- Lokale distributienetten
- Het stallen/parkeren van waterstof aangedreven voertuigen en interne transportmiddelen (denk aan busremises, gemeentelijk wagenpark, etc.)
- Waterstofproductie bij windturbines
- Toepassing vloeibaar waterstof