

RISICOBENADERING PGS NIEUWE STIJL – PGS36

Alwin van Aggelen – A-RisC

2 april 2024



INTRODUCTIE A-RISC - ALWIN VAN AGGELN

- Risico Management Consultant
- Gespecialiseerd in Barrier Based Risk Management
- PGS nieuwe stijl facilitator en / of tekstschrijver
 - PGS 12 - Ammoniakopslag
 - PGS 19 – Propaan opslag
 - PGS 36 - Waterstof (stallen, onderhouden en repareren voertuigen)
 - PGS 29 - Opslag van brandbare vloeistoffen
 - PGS 31 - Opslag gevaarlijk stoffen in tanks
 - PGS 37 - Lithium-ion energiedragers (EOS en Opslag)
 - PGS 38 – Multi-energie stations
 - PGS 40 – Waterstof electrolyzers
 - Handreiking Gelijkwaardigheid
 - Update Generieke Risicobenadering



RICHTLIJN VOOR BOVENGRONDE OPSLAG VAN BRANDBARE VLOEISTOFFEN IN VERTICALE CILINDRISCHE TANKS

– API 653, indien de tank is ontworpen volgens API 650.
[artikel 70, PGS 29:2008]

vs 3.2.6 Tanks met een vast dak moeten zodanig geconstrueerd zijn dat bij overdruk de verbinding tussen de wand en de bodem van de tank niet kan bezwijken en dat tevens de tankwand intact blijft.
De constructie moet zodanig zijn dat overdruk buiten de ontwerpspecificaties in de dampruimte wordt voorkomen en af kan worden gevoerd. Dit betreft een beveiliging op de volgende twee aspecten:

- overdruk als gevolg van aanstraling van buitenaf, lekkage van een stoomspiraal etc. zoals beschreven in API 2000 versie 2000, sectie 4.3.3.2 of in NEN-EN-ISO 28300:2008;
- overdruk als gevolg van een explosieve verbranding van damp in de tank.

Voor explosieve verbranding van damp in de tank geldt dat de tank hiervoor constructief moet voldoen aan API 650 of BS 2654 of NEN-EN 14015.
Voor tanks met een diameter kleiner dan 12,5 meter die niet constructief beveiligd zijn ("frangible joint") moet een risicostudie worden uitgevoerd en indien noodzakelijk, moeten maatregelen genomen worden in overeenstemming met de EEMUA 180 benadering.
[artikel 75, PGS 29:2008]

vs 3.2.7 In afwijking van de tankbouwnormen, mogen tanks met vaste daken die deel uitmaken van een groep in één tankput toegankelijk zijn via loopbruggen die de tanks onderling verbinden. Loopbruggen moeten aan één zijde vrij kunnen bewegen, conform NEN-EN 14015. De laatste tank in een rij gezien vanuit de opgaande spiraaltrap moet zijn voorzien van een vlucht(kooi)ladder of een additionele spiraaltrap.
[artikel 77, PGS 29:2008]

vs 3.2.8 Tanks voorzien van uitwendig drijvende daken mogen nooit door loopbruggen aan elkaar gekoppeld worden.
[artikel 78, PGS 29:2008]

3.2.3 Berekeningsgrondslagen voor de fundering

vs 3.2.9 Een nieuw te bouwen tankfunderatie moet worden ontworpen volgens de Eurocodes voor geotechnisch ontwerp en de nationale bijlagen. In aanvulling daarop wordt gebruik gemaakt van de door EEMUA uitgevaardigde richtlijnen voor het ontwerp van een tankfundering.
[par 6.1.1, PGS 29:2008]

Toelichting:
Voor het ontwerp van een fundering is Eurocode 7 en de nationale bijlage en NEN-EN 9997-1 voor geotechnisch ontwerp van toepassing. In aanvulling hierop wordt EEMUA 183 toegepast voor de daarin opgenomen aanbevelingen voor de tankfunderatie. In bijlage D 'Aanbevelingen tankfunderatie', zijn aanvullingen opgenomen op bovengenoemde normen en richtlijnen.

PGS 29:2016 VERSIE 1.1 - PAGINA 26 VAN 185

- Onduidelijk welk risico afgedekt werd door een voorschrift
- Voorschriften die nergens bij hoorden
- Ontbreken van sturend voorschrift
- Onvolledige voorschriften
- Risico's waarvoor geen voorschriften waren opgenomen

vs 3.2.8 Tanks voorzien van uitwendig drijvende daken mogen nooit door loopbruggen aan elkaar gekoppeld worden.
[artikel 78, PGS 29:2008]

vs 3.4.9 Een noodstroomvoorziening moet een hoge bedrijfszekerheid hebben. De generator van de noodstroomvoorziening moet éénmaal per maand op de juiste werking worden gecontroleerd. Ook moet de gehele noodstroomvoorziening voor of na een grote onderhoudsstop op de juiste werking worden gecontroleerd. Het resultaat van de controle moet worden opgenomen in het documentatiesysteem.

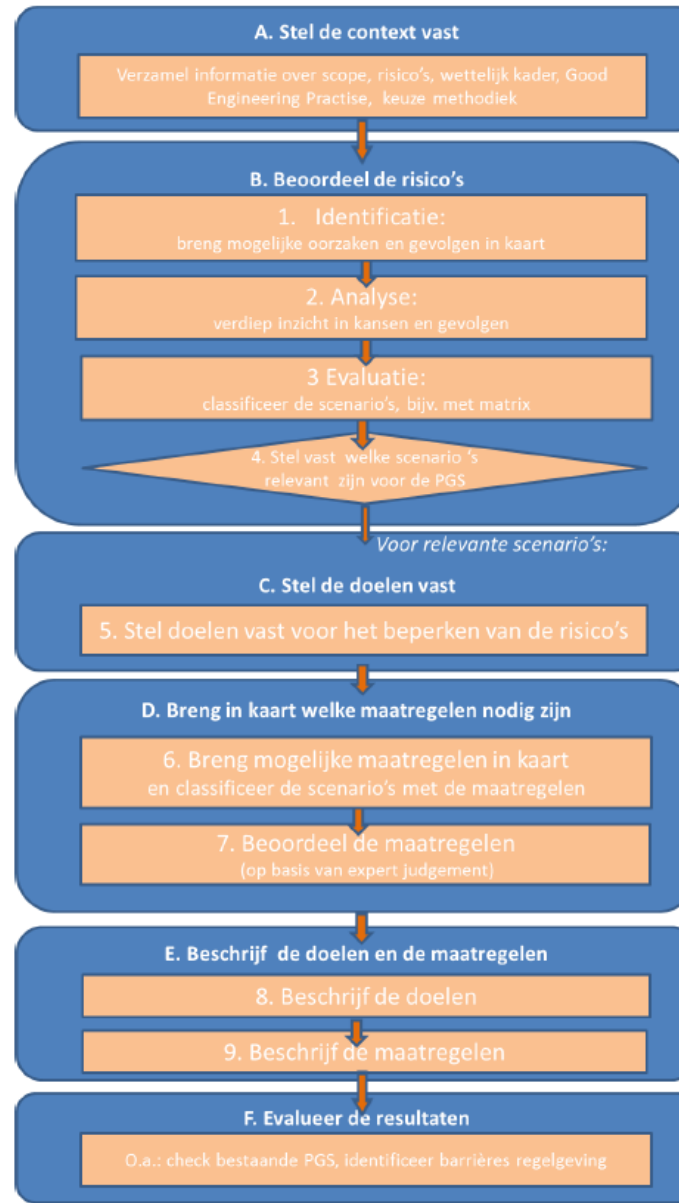
vs 2.3.2 a. De tankput moet 100 % van het grootste werkvolume van een tank in de tankput kunnen bevatten. Indien van toepassing moet het volume van de tankput worden aangevuld met het volume van de schuimlaag om uitdamping van toxische stoffen te voorkomen of blus- en koelwater dat in de tankput kan worden gebracht voor de bestrijding van een uitgewerkt scenario

vs 3.3.1 Een tank met een vast dak moet zowel tegen ontoelaatbare onderdruk als overdruk beveiligd zijn.

PGS – NIEUWE STIJL

Risicobenadering:

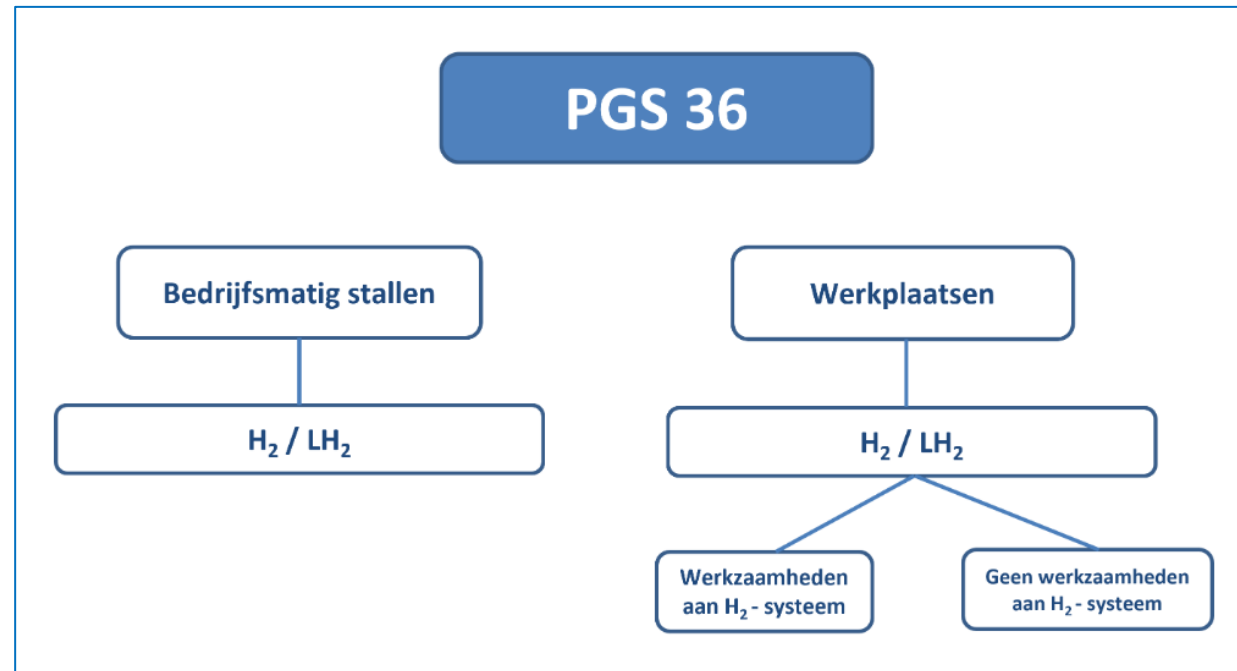
- Gestructureerde aanpak
- Bedoeld voor gedachtenvorming in het team
- Niet bedoeld voor beoordeling individuele gevallen in de praktijk



Methodiek:

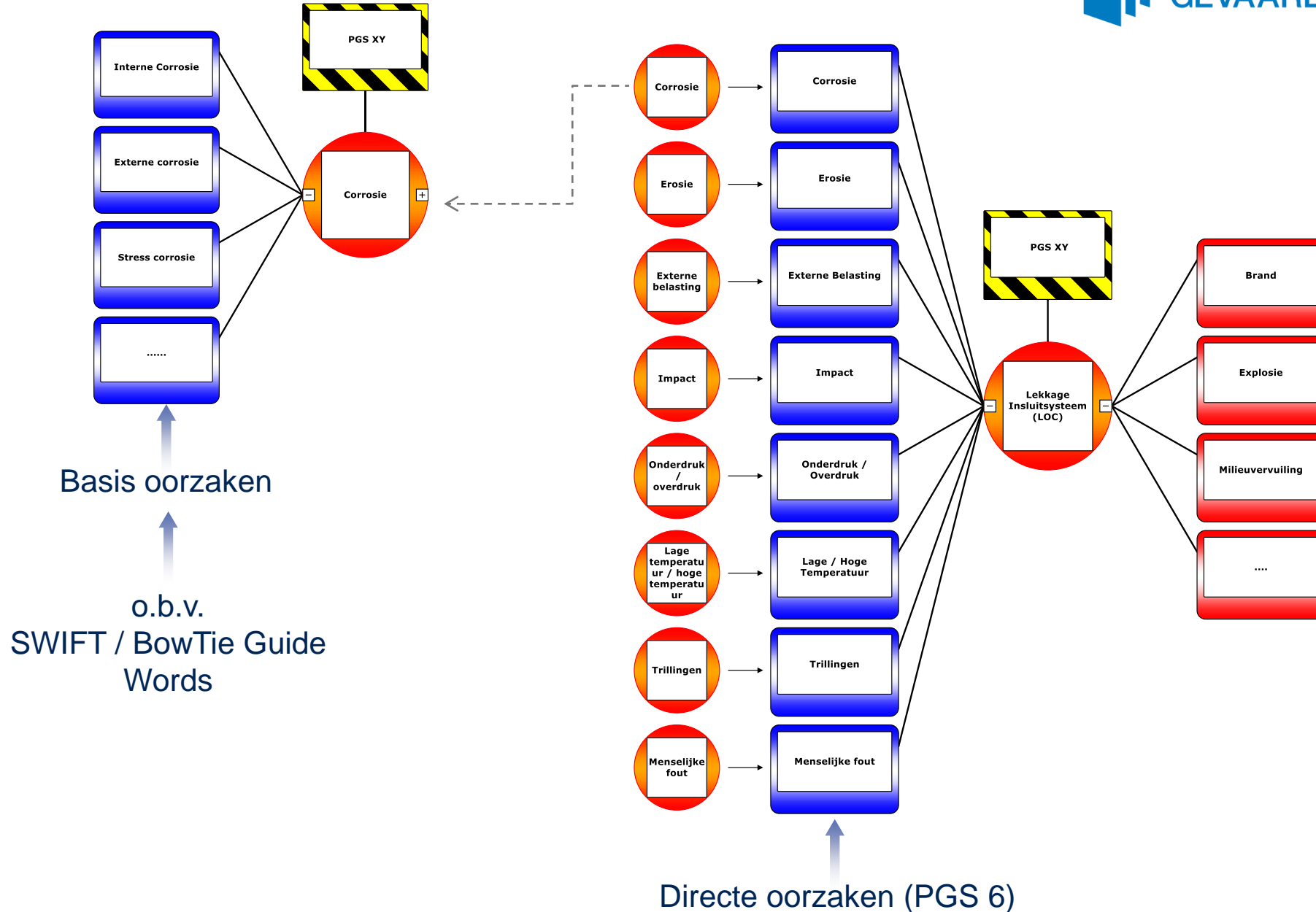
- What-IF
- SWIFT
- HAZOP
- Anders - BowTie

- Welke installaties en activiteiten met gevaarlijke stoffen vallen onder de PGS?
- Welke default installaties en omgeving worden gehanteerd als uitgangspunt?

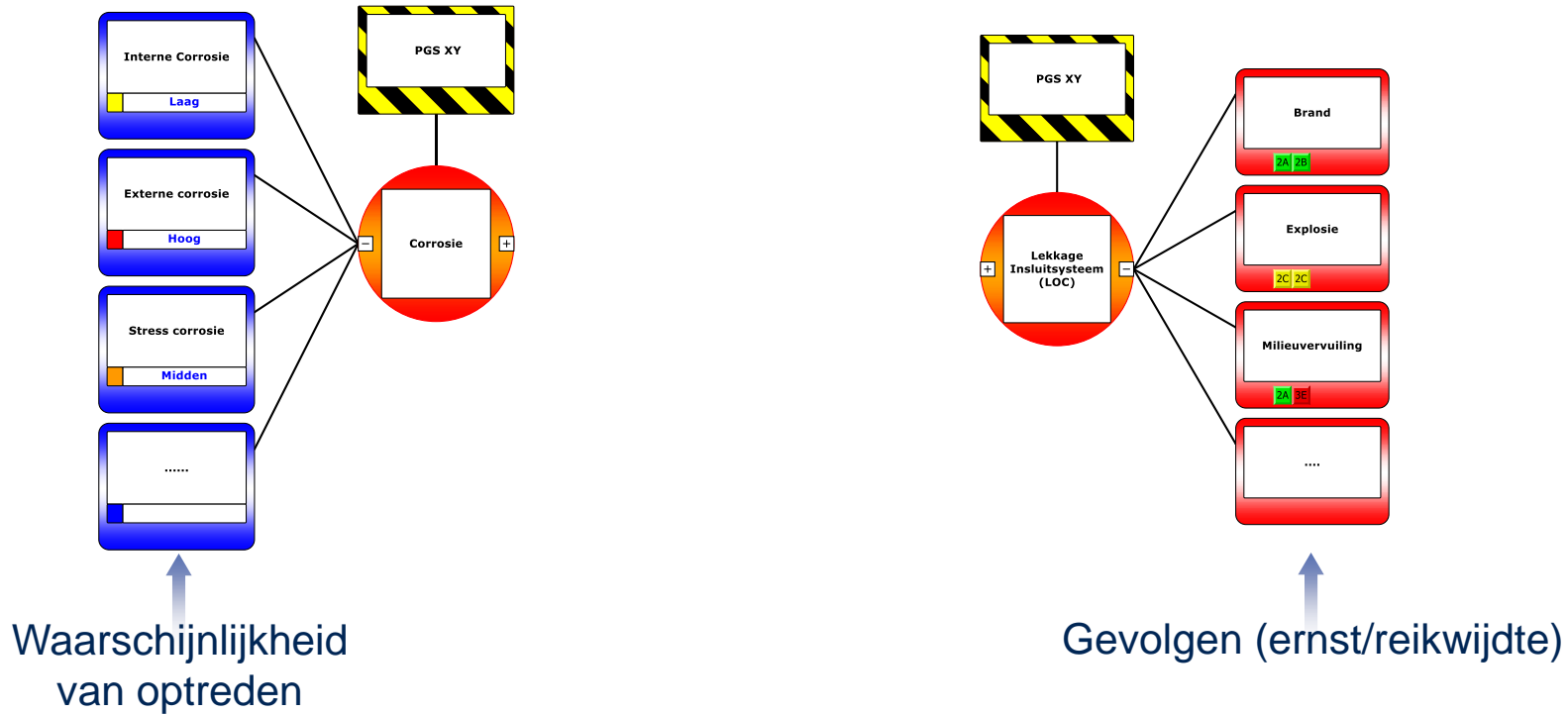


- Welke veiligheidsrisico's worden in de PGS meegenomen?
- Wat is het wettelijk kader?

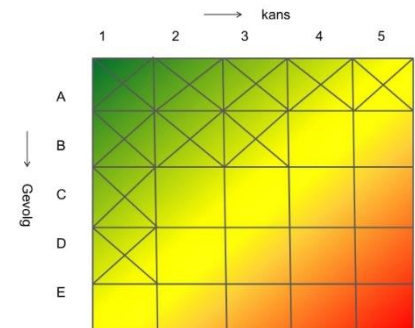
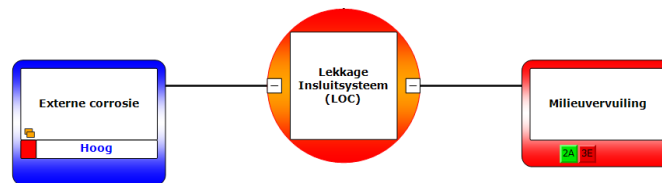
RISICOBENADERING - IDENTIFICATIE (STAP 1)



Kwalitatieve beoordeling o.b.v. expert judgment - Kwantitatief indien beschikbaar



Beschouwing per individueel scenario (oorzaak -> gevolg) waar relevant

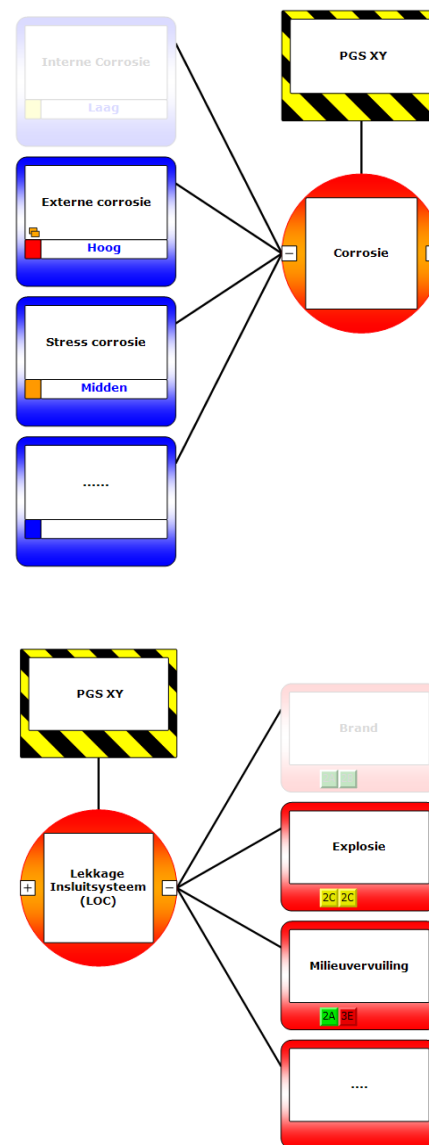
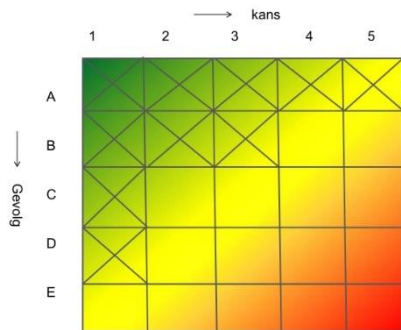


RISICOBENADERING – RELEVANTE SCENARIO'S (STAP 4)

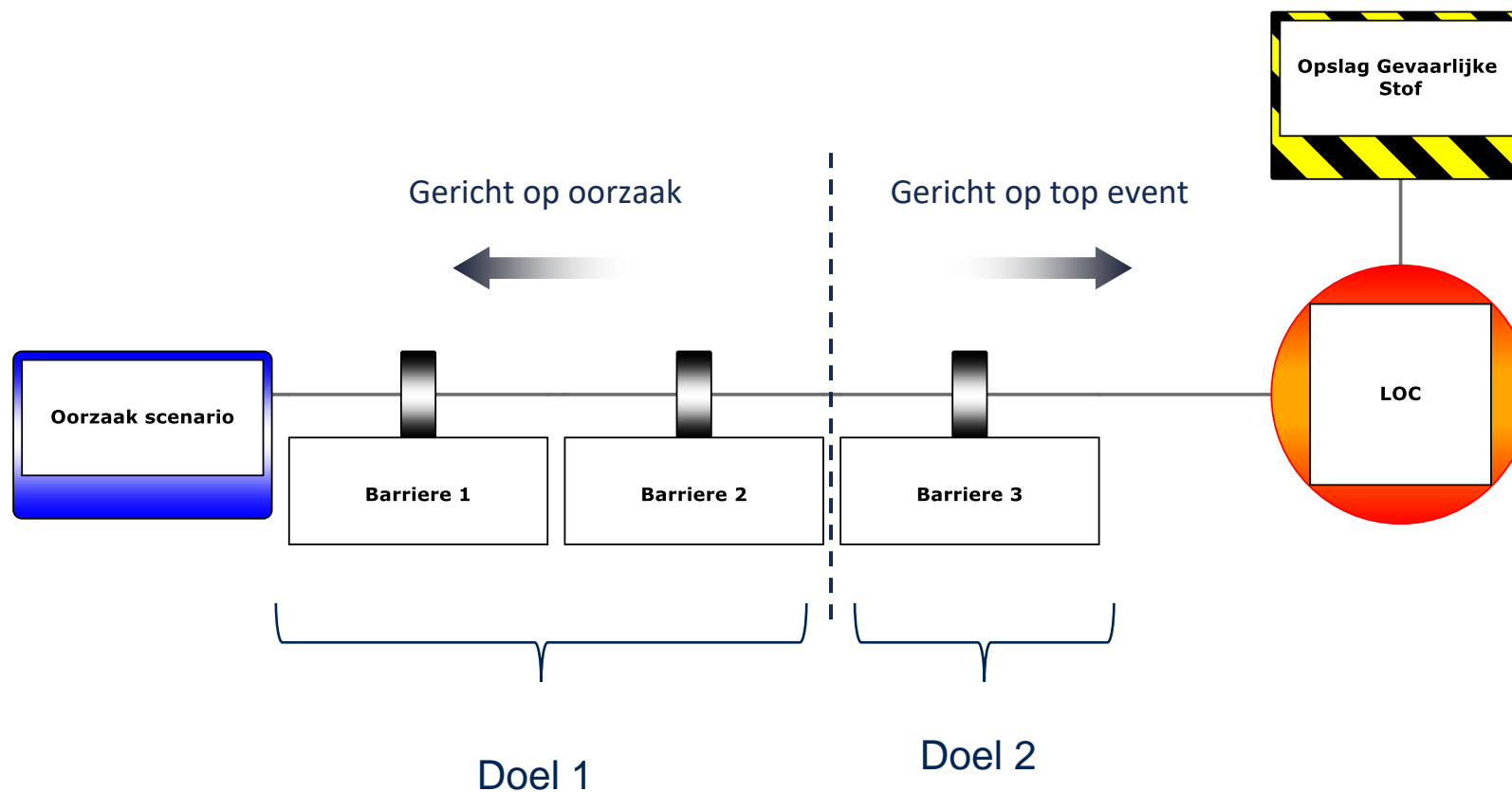
Vaststelling of scenario van belang is voor de PGS

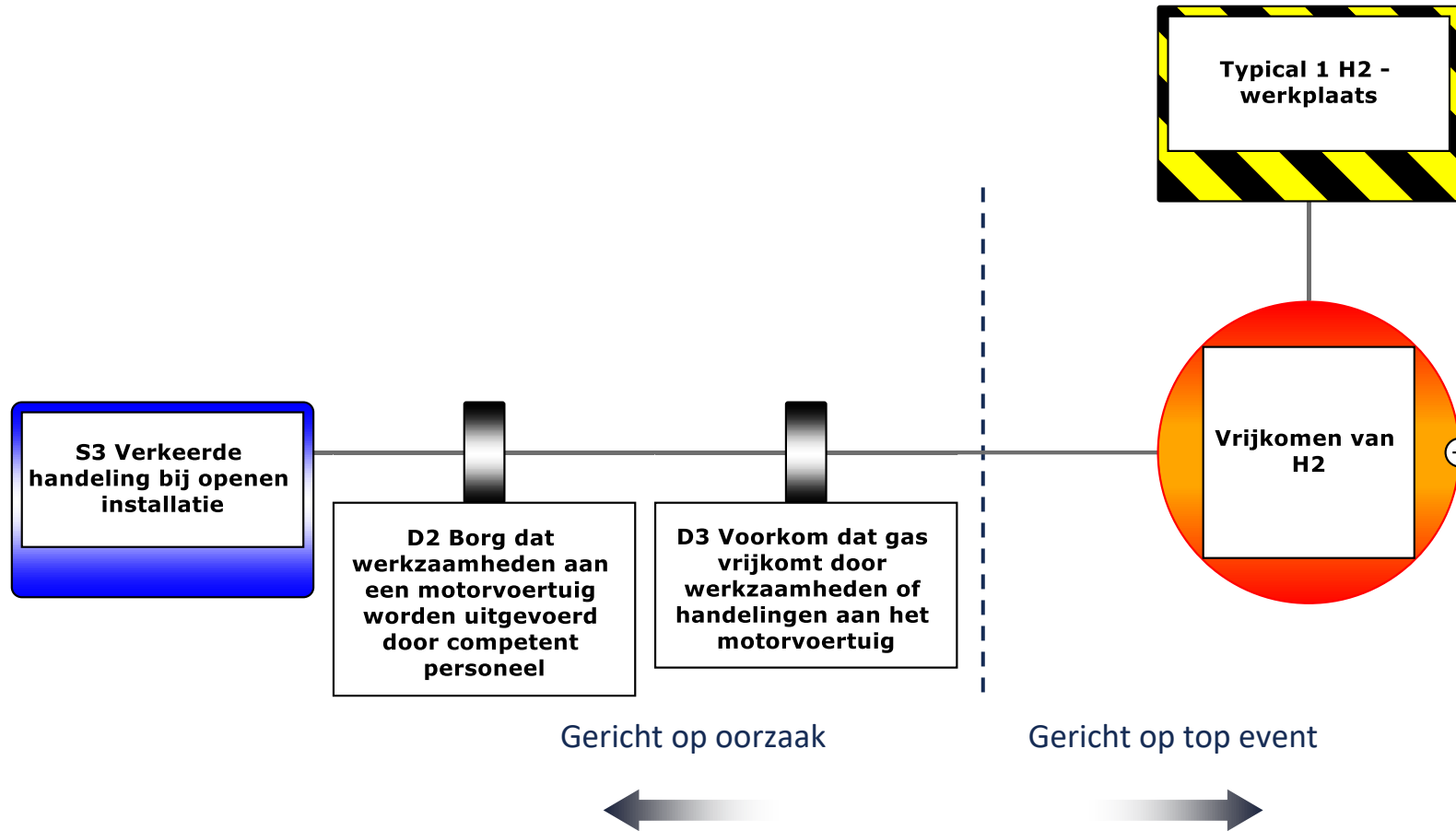
- Hulpmiddel team
- Geen exacte wetenschap
- Bedoeld om Hoog en Midden risico scenario's te bepalen

Risicomatrix

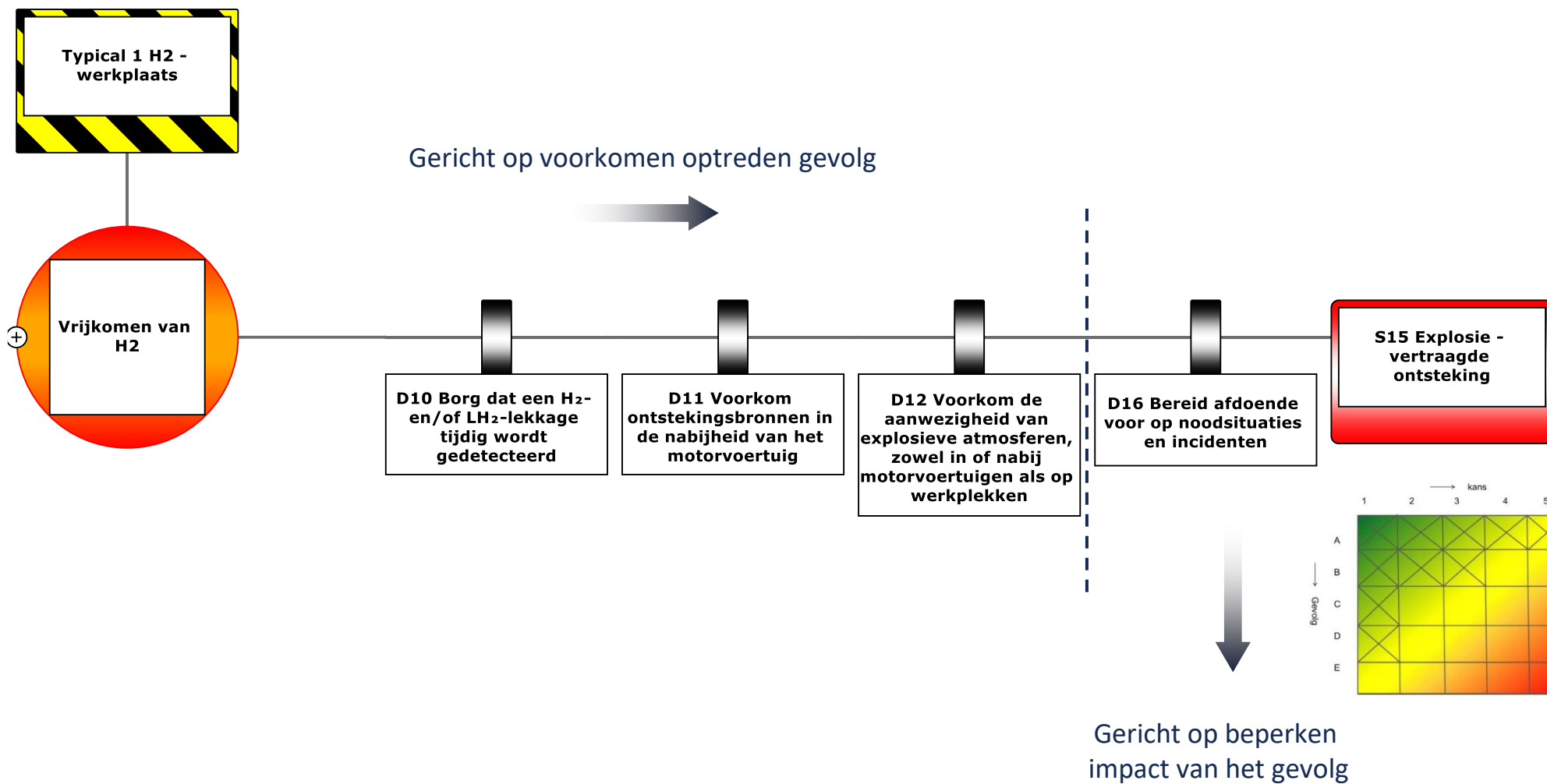


RISICOBENADERING – DOELEN(STAP 5)

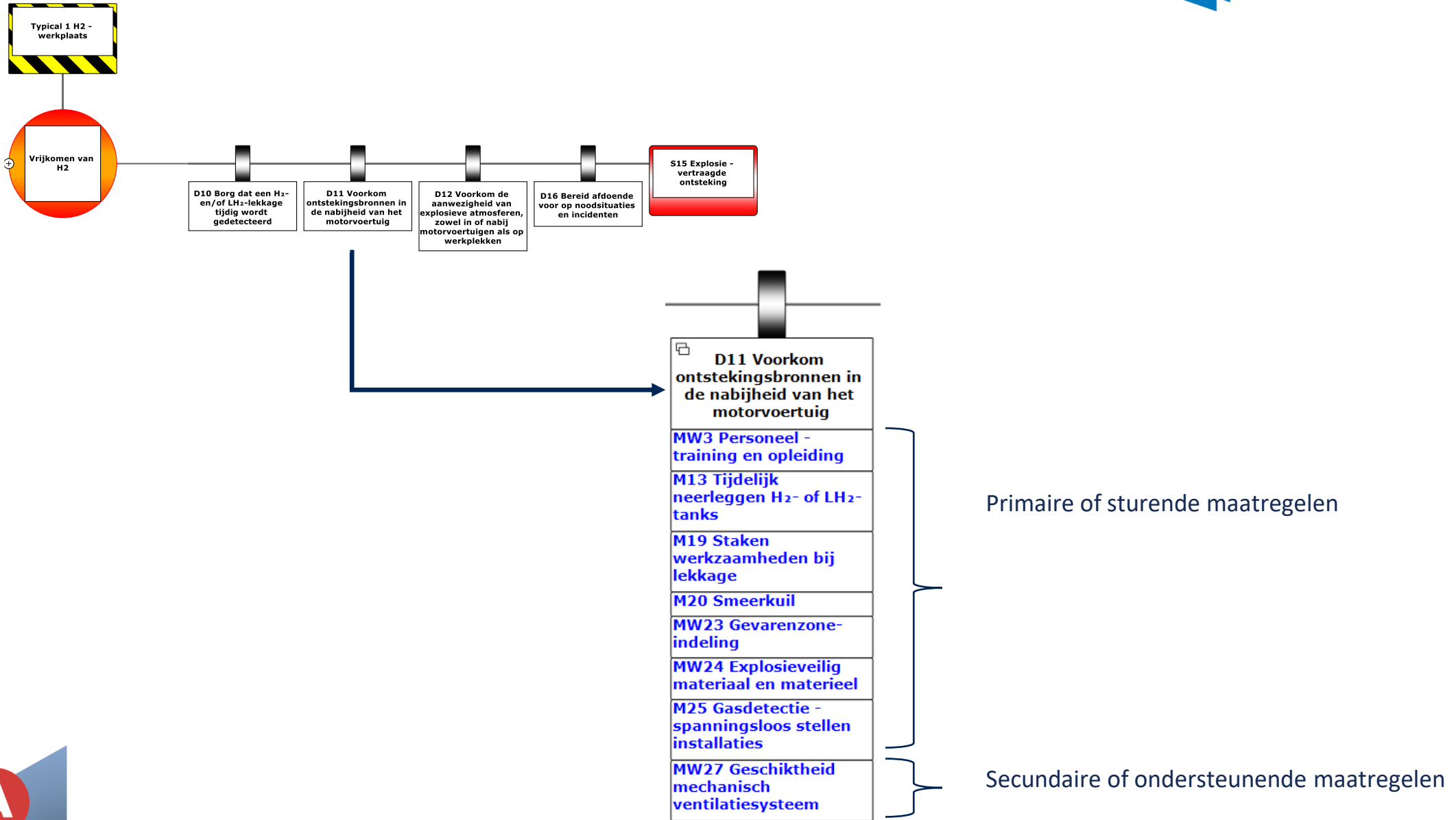




RISICOBENADERING – DOELEN (STAP 5)



RISICOBENADERING – MAATREGELEN (STAP 6 EN 7)



BESCHRIJF DOELEN EN MAATREGELLEN (STAP 8 EN 9)

Scenario

S15 Explosie - vertraagde ontsteking

Doordat het vrijgekomen gas niet direct ontsteekt, kan zich een explosieve atmosfeer ontwikkelen, hetgeen resulteert in een explosie na ontsteking.

Potentiële gevolgen:

- Persoonlijk letsel door explosie;
- Escalatie van het incident naar [S16](#) t/m [S18](#).

GERELATEERDE DOELEN

- D10** Borg dat een H₂- en/of LH₂-lekage tijdig wordt gedetecteerd.
- D11** Voorkom ontstekingsbronnen in de nabijheid van het motorvoertuig.
- D12** Voorkom de aanwezigheid van explosieve atmosferen, zowel in of nabij motorvoertuigen als op werkplekken.
- D16** Bereid afdoende voor op noodsituaties en incidenten.

Doel

D11 Voorkom ontstekingsbronnen in de nabijheid van het motorvoertuig.

GRONDSLAG

- [Arbeidsveiligheid](#)
- [Brandpreventie](#)
- [Omgevingsveiligheid](#)

GERELATEERDE MAATREGELLEN

MW3 Personeel - training en opleiding

Maatregelen van toepassing op maatregelen voor typical 1: Waterstofwerkplaats voor motorvoertuigen met een H₂-installatie

- MW1 Zorgplicht basisveiligheid
- M13 Tijdelijk neerleggen H₂- of LH₂-tanks
- M19 Staken werkzaamheden bij lekkage
- M20 Smeerkuil
- MW23 Gevarenzone-indeling
- MW24 Explosieveilig materiaal en materieel
- M25 Gasdetectie - spanningsloos stellen installaties
- MW27 Geschiktheid mechanisch ventilatiesysteem

GERELATEERDE SCENARIO'S

- S14 Brand - directe ontsteking
- S15 Explosie - vertraagde ontsteking

Maatregel

M25 Gasdetectie - spanningsloos stellen installaties

Bij een gemeten waterstofconcentratie van 20 % LEL in het gasdetectiesysteem zoals bedoeld in [M21](#) (Gasdetectiesysteem) worden alle niet explosieveilig uitgevoerde installaties, zoals bedoeld in de toelichting van [MW24](#), automatisch spanningsloos gesteld.

VAN TOEPASSING OP

- Maatregelen voor typical 1: Waterstofwerkplaats voor motorvoertuigen met een H₂-installatie
- Maatregelen voor typical 2: Waterstofwerkplaats voor motorvoertuigen met een LH₂-installatie
- Maatregelen voor typical 4: Stalling voor motorvoertuigen met een H₂-installatie
- Maatregelen voor typical 5: Stalling voor motorvoertuigen met een LH₂-installatie

GRONDSLAG

- [Arbeidsveiligheid](#)

GERELATEERDE DOELEN

- D11** Voorkom ontstekingsbronnen in de nabijheid van het motorvoertuig.
- D12** Voorkom de aanwezigheid van explosieve atmosferen, zowel in of nabij motorvoertuigen als op werkplekken.

GERELATEERDE SCENARIO'S

- S14 Brand - directe ontsteking
- S15 Explosie - vertraagde ontsteking
- S22 Ophoping van LH₂ in laaggelegen ruimten (bijv. smeerkuil)

- Gestructureerde werkwijze voor vaststelling maatregelen op basis van risico's
 - Hoog en Midden Risico's
- Koppeling tussen:
 - Scenario's - risico's (potentiële ongevallen)
 - Doelen - hoe wordt het scenario beheerst (voorkomen ongevallen of mitigeren gevolgen)
 - Maatregelen - wat moet een bedrijf inrichten om aan de doelen te voldoen
- Duidelijk waarvoor maatregelen bedoeld zijn
- Mogelijkheid om alternatieve maatregelen te nemen mits aan het doel voldaan wordt en gelijkwaardigheid aangetoond kan worden: <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/handreikingen/>
- Verbetering kwaliteit maatregelen:
 - Invulling gevend aan het doel
 - Goede aansluiting sturende en ondersteunende maatregelen



BRANDBARE VLOEISTOFFEN – OPSLAG

M7.6.28 Overvulbeveiliging – Aanvullend BCL JA
K
D1
S1

In bepaalde situaties is bovenop de standaard overvulbeveiliging een fysiek onafhankelijke instrumentele overvulbeveiliging noodzakelijk die bij het bereiken van het hoogst toelaatbare vloeistofniveau in de tank de toevoer naar de tank doet stoppen, waarmee voorkomen wordt dat de tank kan overvullen.

Er is geen consensus tussen de overheidspartijen en de industrie over wanneer een fysiek onafhankelijke instrumentele overvulbeveiliging vereist is. In bijlage H is op informele wijze de onderbouwing door de overheidspartijen (bijlage H.1) en de industrie (bijlage H.2) beschreven met betrekking tot de eisen die gesteld moeten worden aan de fysiek onafhankelijke instrumentele overvulbeveiliging. In Bijlage H.3 zijn voorbeeld configuraties voor het voorkomen van overvullen opgenomen, behorende bij bijlage H.1.

[§ 3.3.13, PGS 29:2016, 1.1](#)

Toelichting:
Onder 'fysiek onafhankelijk' wordt verstaan: los van niveaumeting en met een apart stuursignaal. Onder 'overvulbeveiliging' wordt verstaan: elk systeem dat de toevoer tot de tank automatisch doet stoppen zonder tussenkomst van een operator.

7.6.4 Beveiliging tegen elektrostatische oplading en blikseminslag in elektrische installaties

M7.6.29 Beveiliging tegen elektrostatische oplading en blikseminslag – Tanks BCL JA
K
D10
S6; S7;
S25; S26;
S27; S28;
S30

Tanks moeten zijn voorzien van aarding en bliksemafleiding die voldoen aan de tijdens de bouw van de installatie vigerende norm. Bij nieuwbouw en vervanging van de bliksembeveiliging moet worden voldaan aan NEN-EN-IEC 62305 en NPR 1014.

Het ontwerpen, vervangen en installeren van de aarding en bliksembeveiliging van tanks en installaties moet plaatsvinden door een deskundige die een verklaring afgeeft waaruit blijkt dat de installatie voldoet aan NEN-EN-IEC 62305 en NPR 1014.

[§ 3.4.3, PGS 29:2016, 1.1](#)

Toelichting:
Bliksembeveiliging op tanks en installaties die zijn gebouwd voor 2006, voldoet aan NEN-1014. In 2006 werd NEN-EN-IEC 62305 de norm voor bliksembeveiliging.

PGS 29:2020 VERSIE 0.2 (APRIL-2020) • PAGINA 109 VAN 376

Vragen?

alwin.van.aggelen@a-risc.com
+31646110027



Bredenoord

HydroGen Power

**Our energy
Your power**





Bredenoord

Kasper Keukens
Productmanager Alternative Fuels & Renewables

k.keukens@bredenoord.com

Alternative fuels & Renewables



R&D Team



Energy Storage
Batterijen en mobiele laadpalen



Power Generation & Distribution
Stage V, Denox, Transformatoren, Automaten,
Verdeelkasten & kabels



Data & IoT
Digitale diensten, Platform technologie,
Internet of things




Alternative fuels & Renewables
Biogas, Biomethanol, (groene) Waterstof,
Mobile Solar Plant, Sunbox



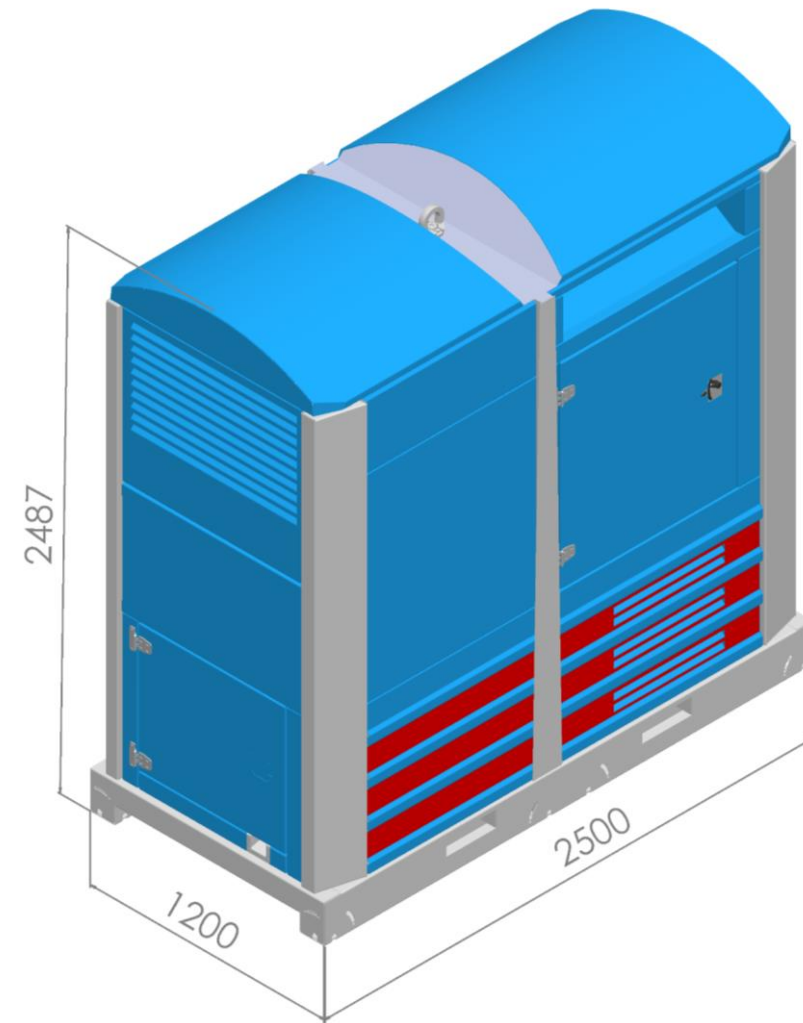


Waterstof

- 100% reductie op CO₂ en NO_x.
 - Bij de inzet waterstof via elektrolyse komt geen CO₂ vrij. Natuurlijk is het wel belangrijk hoe de waterstof oorspronkelijk gewonnen is.
 - Continue stroom - Door het combineren van een battery pack en een brandstofcel, stabiele en continue stroom op locatie.
 - Schoon en stil - Op locatie alleen water en stroom als output, door zijn stille werking ideaal voor werk in woonomgevingen.
 - Flexibel - Stand-alone, mobiele oplossingen voor elke locatie. Kan projecten met kleine stroomvraag direct verduurzamen.
 - Vermogen: 35 kVA.
- 

Product Specificaties

- 3x Stacks (fuel cells) – 20 kW
- 25 kWh Lithium-Ion batterijen
- 30 kW Uitgangsvermogen
- Waterstof via bundels of tubetrailer
- Geschikt voor buitenopstelling
- Remote monitoring & control
- 2e generatie



Waterstof circuit

"Lekken van waterstof kan tot gevaarlijke situaties leiden"

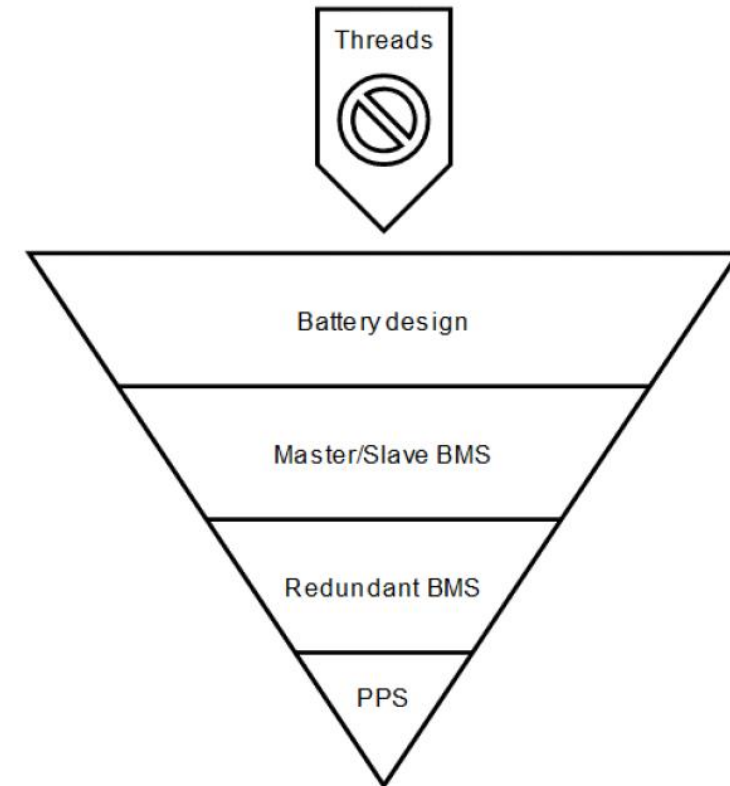
- 3x stacks van Nedstack
- Totaal 3x 9,5 kW vermogen
- Risicoanalyse component niveau (HAZOP)
- *IEC 62282-2:2012*
- Gecertificeerde leidingwerk en montage
- Dubbele afsluiters
- Geforceerde luchtstroming door behuizing
- 2x Gas detectie sensoren
- Expert cursussen & trainingen



Lithium Ion batterijen

"Thermal runaway is bij Li-ion batterijen het worst-case scenario"

- MG batterijen totaal 25 kWh
- Risicoaanpak component niveau (HAZID)
- UN 38.3 certified (TÜV)
- Off-shore approved batteries (DNV GL)
- Propagatie test (IEC 62619)
- PPS fluid tank (flooding thermal runaway)
- Redundant BMS*
- Integratie BMS in hoofd PLC
- Monitoring en doormelding 24/7
- Voldoet aan (toekomstige) PGS-37



* *Battery Management System*

RI&E/Hazop/Hazid

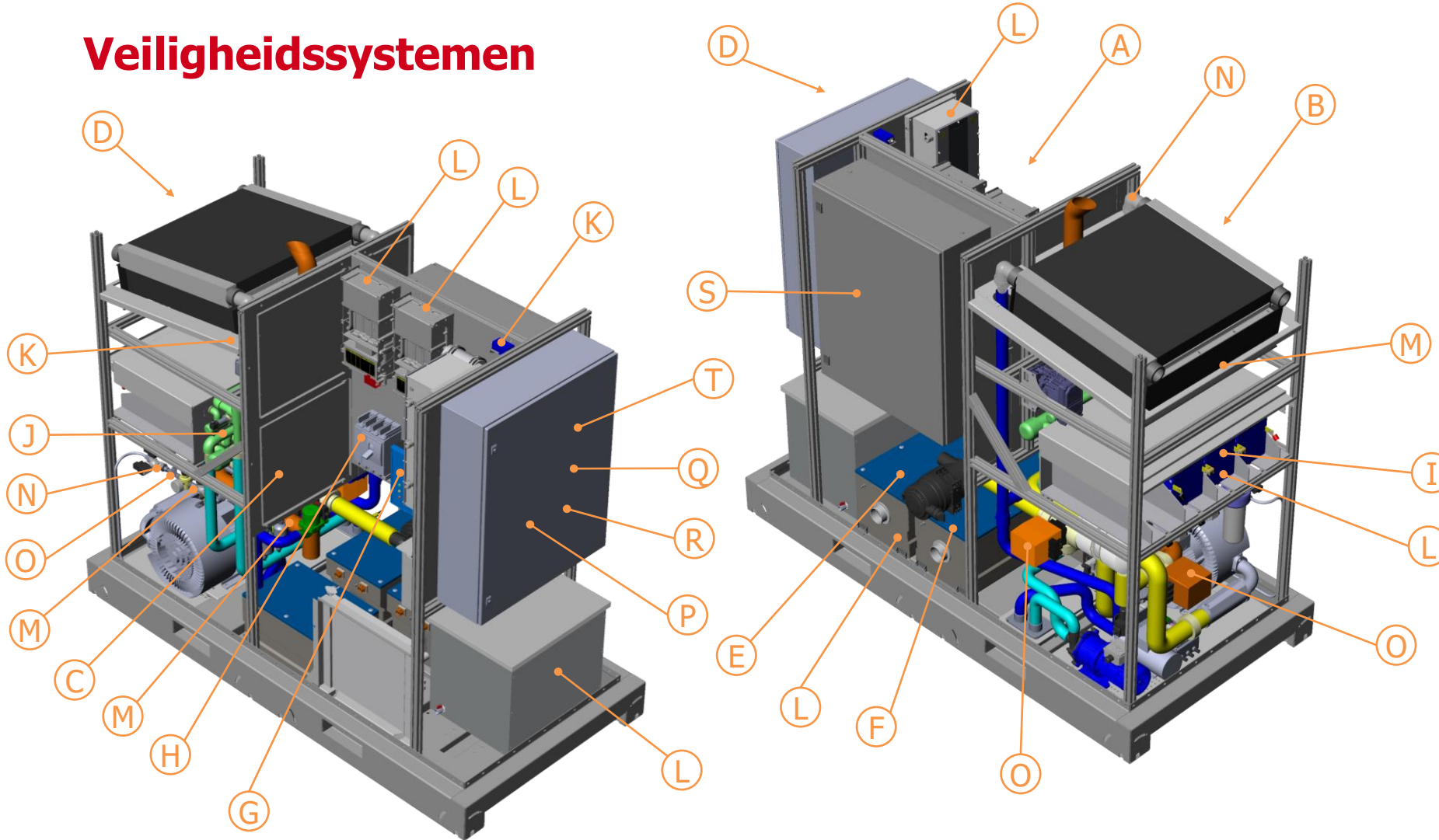
Project: Bredenoord HydroGen Box (Partly)
 Scope: Hydrogen technology part of system
 Project sponsor: Noll Steenjes
 Risk Management Core Team:
 Frank van den Hoek, Breun van Wolfswinkel, Martin Bresser, Nick van de Hoek, Arno Hulleger, Kasper Kousken

**Risk Management
Hydrogen Generator**

PI Number: P1010630
 Author: Frank van den Hoek
 Date: 5-3-2021
 Revision: 1.0
 Status: DRAFT

| ID | Risk identification | | | | Affected Person(s) | | | | | | | | Risk analysis (Based on hydrogen generator without design-mitigations and safety precautions) | | | | | Risk Control (Based on Bredenoord HydroGen Box including design-mitigations and certification) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------------------|-------------------------------|--|---|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------|------------------------------------|----------|-------------------------|---|----------|----------|----------|-------------|--|----------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|--|--|---|--|--|--------------------------------------|-------------------------------------|------------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|
| | Item / Process Step / Function | Activity | Unwanted Event | Possible Cause(s) | Hazard type | Affected Person(s) | | | | | | | | Location | Severity | Exposure | Propability | SEVERITY (0-4) | EXPOSURE (1-6) | PROPABILITY (%) | Risk level | Conclusion | Design measures | Mitigation (protocol / PFD) measures | Warning / Documents measures | Action Results | | | | | Conclusion | | | | | | | | |
| | | | | | | Mechanic | Electrical technician | Warehouse employee | Truck driver | General Specialist / Subcontractor | Operator | General Public services | Operator | | | | | | | | | | | | | General Public services | Severity | Exposure | Propability | SEVERITY (0-4) | | EXPOSURE (1-6) | PROPABILITY (%) | Risk level | Conclusion | | | | |
| 1.1 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Vrijkomen van waterstof, bij ontsteking brand of explosiegevaar | Uitlopen van waterstof door de druktoestand in aangevoeren | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 4. Unlikely, but possible in the long term | 15 | 2 | 1 | 30 | Little risk, attention required | Drucktoestand op externe tank(s) of tubetrailer, detectie afwijking in toevloedruk, afsluiten aggregaat | Gebruik L.L.M. geflesste of tubetrailer | Maatregelen, handhaving | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 2. Almost unsurvable | 15 | 2 | 1 | 30 | Little risk, acceptable |
| 1.2 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Vrijkomen van waterstof, afhankelijk van de locatie van druktoestand, blootstelling van personen, persoonlijk letsel | Uitlopen van waterstof door de druktoestand in aangevoeren | Physical | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 2. Important, injury with absence | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 4. Unlikely, but possible in the long term | 3 | 2 | 1 | 3 | Slight risk, acceptable | Terrainrichting (haarder), looppaden, afgeschermde toegang | Maatregelen bij onderbeweging | 2. Important, injury with absence | 2. Rarely (approx. 1x 10 year) | 1. Next to impossible / unsurvable | 3 | 1 | 1 | 3 | Slight risk, acceptable | |
| 1.3 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Lekkage van waterstofgas, bij ontsteking brand- en/of explosiegevaar | Beschadigde of aanraking van ledigen door verbod van installatiecondities van ledigen | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 2 | 3 | 30 | Moderate risk, apply simple measures | Gevoert ledigen en verbodsgereguleer, LEL-detectiesensoren, minimale inhoud ledigen | Handhaving, Quick start card | 4. Very severe, a fatal casualty | 1. Very rarely (less than 1x 100 year) | 2. Almost unsurvable | 15 | 0,5 | 1,2 | 15 | Slight risk, acceptable | |
| 1.4 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Lekkage van waterstofgas, bij blootstelling, persoonlijk letsel | Beschadigde of aanraking van ledigen door corruptie van installatiecondities van ledigen | Physical | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 2 | 3 | 30 | Moderate risk, apply simple measures | Terrainrichting (haarder), looppaden, afgeschermde toegang, aanwielend, LIMA | Instructie, training, handhaving | 4. Very severe, a fatal casualty | 1. Very rarely (less than 1x 100 year) | 2. Almost unsurvable | 15 | 0,5 | 1,2 | 15 | Slight risk, acceptable | |
| 1.5 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Enkele lekkage van waterstofgas, bij ontsteking brand- en/of explosiegevaar | Beschadigde of aanraking van ledigen door corruptie van installatiecondities van ledigen | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 3 | 3 | 15 | Moderate risk, apply simple measures | Risico kan ontstaan bij ledigen van verbodsgereguleer, afsluiten waterstof-circuit, LEL-detectiesensoren | Doorgaan ledigen status bij opslag, afsluiten bij onderhoud, vaste opstartprocedure, aanrijbewijzing | Instructie, training, handhaving, onderhoudsprotocol | 4. Very severe, a fatal casualty | 2. Rarely (approx. 1x 10 year) | 2. Almost unsurvable | 15 | 1 | 2 | 3 | Slight risk, acceptable |
| 1.6 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Kleine lekkage van waterstofgas, bij blootstelling, persoonlijk letsel | Beschadigde of aanraking van ledigen door corruptie van installatiecondities van ledigen | Physical | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 3 | 3 | 15 | Moderate risk, apply simple measures | Risico kan ontstaan bij ledigen van verbodsgereguleer, afsluiten waterstof-circuit, LEL-detectiesensoren | Doorgaan ledigen status bij opslag, afsluiten bij onderhoud, vaste opstartprocedure, aanrijbewijzing, terreinrichting | Instructie, training, handhaving, onderhoudsprotocol, advies naar klant | 4. Very severe, a fatal casualty | 2. Rarely (approx. 1x 10 year) | 2. Almost unsurvable | 15 | 1 | 2 | 3 | Slight risk, acceptable |
| 1.7 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Vrijkomen van waterstof, bij ontsteking brand of explosiegevaar | Leidingsnetwerk of foute installatiecondities door aanrijding van voertuig of werktuig | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 4. Unlikely, but possible in the long term | 15 | 3 | 1 | 15 | Little risk, attention required | LEL-detectiesensoren, minimale inhoud ledigen | Doorgaan ledigen status bij opslag, aanrijbewijzing, terreinrichting | Instructie, advies bij onderbeweging | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 2. Almost unsurvable | 15 | 3 | 1,2 | 3 | Slight risk, acceptable |
| 1.8 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Vrijkomen van waterstof, bij blootstelling, persoonlijk letsel | Leidingsnetwerk of foute installatiecondities door aanrijding van voertuig of werktuig | Physical | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 4. Unlikely, but possible in the long term | 15 | 3 | 1 | 15 | Little risk, attention required | LEL-detectiesensoren, minimale inhoud ledigen | Doorgaan ledigen status bij opslag, aanrijbewijzing, terreinrichting, isolatie | Instructie, advies bij onderbeweging | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 2. Almost unsurvable | 15 | 3 | 1,2 | 3 | Slight risk, acceptable |
| 1.9 | Operationele inzet | Algemeen | Vrijkomen van waterstofgas, brand- en/of explosiegevaar & persoonlijk letsel | Falen van waterstofinstallatie en vrijkomen waterstof, door niet juist ontwerp en dekking onderhoudsintervalle | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 3 | 3 | 15 | Moderate risk, apply simple measures | HC-verdichter, dubbele afsluiter, aarding, overspanningsbeveiliging, isolatiebeveiliging, installatie automaten | HAZID/HAZOP component review, expert training personeel, NEN 2140 leiding, LIMA, aanwielend, speciale onderhoudsmaatregelen, testen met stikstof | Documentatie metingen, leidingen, controlen, onderhoud, reinigen en reparatie, handhaving, veiligheidsdocumenten | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 2. Almost unsurvable | 15 | 3 | 1,2 | 3 | Slight risk, acceptable |
| 1.10 | Operationele inzet | Algemeen | Vrijkomen van waterstofgas, brand- en/of explosiegevaar & persoonlijk letsel | Falen van waterstofinstallatie en vrijkomen waterstof, door onjuiste systeemtoerusting | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 5. Frequently (approx. 1x a week) | 4. Possible | 15 | 4 | 6 | 140 | Risk is too high, stop activities / operations | HC-verdichter, dubbele afsluiter, aarding, overspanningsbeveiliging, isolatiebeveiliging, installatie automaten | HAZID op systeem, HAZID/HAZOP op component, expert training personeel, onderhoudsprotocol - schema, NEN 2140 leiding, LIMA, aanwielend, speciale onderhoudsmaatregelen, testen met stikstof | Documentatie metingen, leidingen, controlen, testen en validatie, certificaten, HAZID's | 4. Very severe, a fatal casualty | 5. Frequently (approx. 1x a week) | 2. Almost unsurvable | 15 | 4 | 1,2 | 10 | Slight risk, acceptable |
| 1.11 | Operationele inzet | Algemeen | Vrijkomen van waterstofgas, brand- en/of explosiegevaar & persoonlijk letsel | Vrijkomen van waterstof door loslaten van onderdelen (bouwonderdelen defecten/valdelicten) | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 4. Unlikely, but possible in the long term | 15 | 2 | 1 | 30 | Little risk, attention required | Afsluiten omgeving, gereedschap nodig, steen constructie | 400 0verstijgen, verwijdering, terreinrichting, terreinrichting, bording, afsluiten waterstofaanvoer | Waarschuwingsborden | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 3. Highly unlikely, but conceivable | 15 | 2 | 1,5 | 30 | Slight risk, acceptable |
| 1.12 | Operationele inzet | Algemeen | Vergeten escalatie bij beheersing van gevaarlijke situaties | Niet kunnen voorkomen van falen waterstofinstallatie door brand, omdat de juiste informatie niet beschikbaar is voor hulpdiensten | Safety | - | - | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 3. Severe, lasting injury with absence | 2. Rarely (approx. 1x 10 year) | 4. Possible | 7 | 1 | 6 | 43 | Little risk, attention required | Brandvoortplanting voorkomende materialen, brandwerendheid draagconstructie, noodstop, temperatuurbreuk met koppeling becuring & monitoring, specificatie op behouding | Afwezig en inbedrijfstellen door getraind personeel, terreinrichting, temperatuurbreuk met koppeling becuring & monitoring, specificatie op behouding | Noodplan start, ISO-waarschuwing labels | 3. Severe, lasting injury with absence | 2. Rarely (approx. 1x 10 year) | 3. Highly unlikely, but conceivable | 7 | 1 | 1,5 | 15 | Slight risk, acceptable |
| 1.13 | Operationele inzet | Algemeen | Vrijkomen van waterstofgas, brand- en/of explosiegevaar & persoonlijk letsel | Aanraking en/of beschadiging van ledigen door weersomstandigheden; beweging, lezing en opening op ledingsysteem tot gevolg | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 4. Possible | 15 | 2 | 6 | 340 | Moderate risk, apply simple measures | Compartimentatie voor toetsing, vast kachef-venster met aandoening, temperatuurbreuk- en melding | Opslag model, speciale opslaglocatie (binnen), inbedrijfstellingprotocol, onderhoudsprotocol | Omgeving veiligheids | 4. Very severe, a fatal casualty | 3. Sometimes (approx. 1x a year) | 3. Highly unlikely, but conceivable | 15 | 2 | 1,5 | 30 | Slight risk, acceptable |
| 1.14 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Lekkage van waterstofgas, bij ontsteking brand- en/of explosiegevaar | Uitlopen van waterstof door lekkage van afsluiter in aanraking | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 3 | 3 | 15 | Moderate risk, apply simple measures | Gasdetectie systemen, geforceerde luchtoverstroming met computerisering, afsluitbeveiliging leidingen, drukverschillen, 2x afsluiten | Veiligheidsprocedure bij opstarten, afsluitbeveiliging (incl. testen), LIMA, onderhouds- en testprotocol | Handhaving, Quick start card | 4. Very severe, a fatal casualty | 4. Occasionally (approx. 1x a month) | 2. Almost unsurvable | 15 | 3 | 1,2 | 3 | Slight risk, acceptable |
| 1.15 | Operationele inzet | Severie van stroom op locatie | Verhitting installatie, verhoging druk; falen installatie met brand- en/of explosiegevaar tot gevolg | Falen waterstofinstallatie door aanraken van externe brand | Safety | - | x | - | - | - | x | - | x | - | x | - | x | - | x | Client site, Bredenoord's premises | 4. Very severe, a fatal casualty | 5. Frequently (approx. 1x a week) | 5. Unusual (but possible) | 15 | 4 | 3 | 270 | High risk, apply high measure immediately | Multi temperatuurbreuk componenten, afsluiten veilige stand bij oververhitting, minimale interne voorraad ledigen, noodstop, overblijfselbeveiliging | Veiligheidsdocumenten, terreinrichting | Handhaving | 4. Very severe, a fatal casualty | 5. Frequently (approx. 1x a week) | 2. Almost unsurvable | 15 | 4 | 1,2 | 10 | Slight risk, acceptable |

Veiligheidssystemen



| Pos. | Description |
|------|-----------------------------|
| A | E-side |
| B | H-side |
| C | Forced air flow |
| D | Ventilation grill(s) |
| E | UN-certified batteries |
| F | Propagation fluid batteries |
| G | 2x Batt. Management System |
| H | Hard switch batteries |
| I | UN-certified Stacks |
| J | Certified H2-pipework |
| K | LEL-detector(s) |
| L | Temperature sensor(s) |
| M | Flow sensors |
| N | Overpressure sensor(s) |
| O | Overpressure/H2 valve(s) |
| P | Lighting protection |
| Q | Emergency button |
| R | Audio Visual Warning |
| S | Safety Chain (hardwired) |
| T | Monitoring & Control |

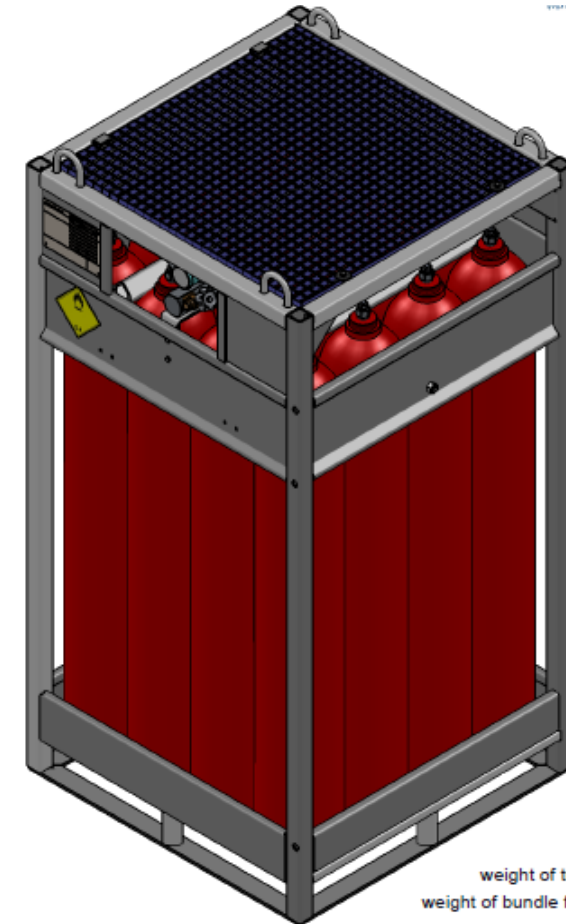
Bundels

"Aanvoer van waterstof door cilinderpakketten"

- PGS-15 (samenvatting kernpunten)
- Uitwisseling door reduceerstation
- Gascontrol met telemetrie
- Status inzicht via login
- Alarmering bij leeg packet
- Veiligheidsinformatieblad Waterstof Rijngas*

Afstanden van de opslagvoorziening tot de inrichtingsgrens/bouwwerken van de inrichting of brandbare objecten.

| | Totale waterinhoud van de opgeslagen gasflessen minder dan 2 500 l | | | Totale waterinhoud van de opgeslagen gasflessen meer dan 2 500 l | | |
|---|--|--------|-------|--|--------|-------|
| | 60 min | 30 min | 0 min | 60 min | 30 min | 0 min |
| Afstand in m tot de inrichtingsgrens | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 5 |
| Afstand in m tot bouwwerk of brandbaar object | 0 | 3 | 5 | 0 | 5 | 10 |



| 50 liter cilinders | 300 Bar |
|-------------------------|--------------|
| inhoud cil. - m3 | 12,57 |
| inhoud cil. - kg | 1,06 |
| Gewicht cil. | 85 |
| Aantal cilinders | 16 |
| flessen kg tot | 1.360 |
| frame kg | 249 |
| leidingen kg | 16,4 |
| Waterstof kg tot | 16,96 |
| totaal kg bundel | 1.642 |
| hoogte cm | 198 |
| lengte cm | 99 |
| breedte cm | 99 |
| Inhoud bundel kg | 16,96 |
| Inhoud bundel m3 | 201 |

weight of tubing: 16.4kg
weight of bundle frame: 249 kg

Aandachtskaart H₂

- Vergunningstraject
- Bevoegd gezag
- Brandweer



OUR ENERGY. YOUR POWER.

Document : Aandachtskaart H₂
Version : v1.0 / Dutch
Date : August 25^e, 2021
Status : FINAL

Incidenten bestrijding – Hydrogen Power (H₂-installatie)

Aandachtskaart / handelingsperspectief

Risico's Waterstof

- **Zeer brandbaar** gas (waterstof is zeer licht ontvlambaar, zeer lage ontstekingsenergie nodig).
- **Hoge druk** (opslag waterstof vindt plaats in drukhouders, oplopend tot 350 bar).
- Waterstof is 14 keer lichter dan lucht. Het verspreidt zich daardoor snel in de omgeving.
- Kans op **krachtige explosie**. Houd bij besluiten ruimtes rekening met kans op ophoping vrijgekomen gas.
- Zoals bij parkeergarages, werkplaatsen, tankstations, omkasting en tunnels etc.
- Vrijkomend gas is **niet zichtbaar** (wolk niet zichtbaar), kan zich divers verspreiden.
- Hydrogen Power is een hybride systeem (**combinatie van elektrische delen/batterijen en waterstof**).

Kenmerken Waterstofinstallatie (energieopwekker)

- **Herkenning** aan een visuele aanduiding op de opbouw (symbool waterstof molecuul; 2 verbonden bollen)
 - Opstelling van waterstofbundels in nabijheid van unit
 - Aanvoerslang tussen unit en waterstofbundels
 - Afgeschermde (trekken) plek op werkterrein
 - Afblaasrichting zijwaarts (afblaasopening)
 - Druk in de bundels is maximaal 350 bar
- Kenmerkend voor de waterstofinstallatie is de compartimentering; aan de overzijde van de bedieningskast zit het waterstofgedeelte (leidingwerk en brandstofcellen).
- De interne (lithium Ion) batterijen en vermogenselektronica zijn geplaatst in het gedeelte aan de bedieningszijde.
- Door een ventilator aan de waterstofzijde ontstaat er een geforceerde luchtstroming in de unit ter voorkoming van waterstof ophoping.
- De waterstofbundel is voorzien van één gezamenlijk overdrukventiel (positie C). Een Thermal Pressure Relief Device, waarbij het ventiel smelt bij warmte, en de druk wordt afgeblazen.
- Afblaasrichting van de bundels zit aan de zijkant. De fakkellengte bij het afblazen varieert tussen 6 en 10 meter.
- Het waterstof is aanwezig in hoge druk (tank), middendruk (leidingen) en lage druk (elektrolyser/stacks).

Bestrijding Waterstofscenario's

Scenario: Storingmelding (gele zwaailamp brand)

Het oplichten van de gele waarschuwinglamp betekent dat het systeem een mogelijk toekomstige fout heeft gedetecteerd. De waterstofinstallatie zal **NIEUW** afschakelen, maar zal zelf ingrijpen om een nabereid gevaar te voorkomen. Indien het gevaar, na bijsturing, is voorkomen, zal de gele lamp weer worden uitgeschakeld. Een gele lamp is niet direct een veiligheidsrisico! De installatie blijft in bedrijf.

- Geen directe actie nodig.
- Bij langdurig aanhouden van de gele waarschuwinglamp kan op het scherm bekeken worden wat de oorzaak van de storing is. Bij vragen kan er contact opgenomen worden met het Bredenoord storingsnummer (055-3018501 / 06-53140075).

Scenario: Alarmmelding (rode zwaailamp brand)

Bij het oplichten van de rode waarschuwinglamp is het de installatie niet gelukt om bij te sturen; kritisch niveau is bereikt (systeem of onderdelen). Afhankelijk of het hier gaat om een technische limiet (betrouwbaarheid) of een veiligheidsrisico, zal de installatie zichzelf afsluiten of direct de noodstop-procedure uitvoeren. Een mogelijke onveilige situatie is/kan optreden.

- Contact opnemen met Bredenoord storingsnummer (055-3018501 / 06-53140075)
- Hydrogen Power niet benaderen en 25 meter afstand houden.
- Opvolging storings-SMS bericht (op afstand inloggen en servicemonteur naar locatie).
- Storingsopvolging / resetten van hoofdalarm in overleg met installatieverantwoordelijke ter plekke.
- Noodstop indrukken (bedieningszijde unit) in geval van rook, vuur of een zeer hard geluid (>140dB).
- Afsluiten gastoevoer op flessenbundel(s).

Scenario: Installatiebrand (H₂ aangedreven)

Bij een installatiebrand kan aanstraling van de waterstofbundel ervoor zorgen dat de veiligheidsvoorzieningen op de waterstofbundel in werking wordt gezet. Dit betreft een smeltrekening (TPRD) met een fakkelbrand tot gevolg. Bij volledige aanstraling van een bundel faalt deze gemiddeld na **6-12 minuten** (komt overeen met aankomst



OUR ENERGY. YOUR POWER.

Document : Aandachtskaart H₂
Version : v1.0 / Dutch
Date : August 25^e, 2021
Status : FINAL

(brandweer). Ook zal het veiligheid mechanisme van de installatie en interne batterijen in werking treden (afsluiten van toevoer en de batterijen worden intern gevuld met een koelingsvloeistof).

- Een fakkel (z.g.v. afblazen tank) duurt 30 tot 60 seconden. De bundel is dan nog niet leeg, maar de druk is atmosferisch (houd hier aandacht voor!).
- **Houd rekening met de veiligheidsafstanden**. Benader de installatie vanaf de voorzijde (bedieningszijde) onder een hoek van 45°. Benader de installatie NOOIT vanaf de achterzijde (waterstofgedeelte) in een zone van 25 meter.
- Houd bij het opstellen van het busvoertuig rekening met de afblaasrichting van de afblaasveiligheid!
- Houd **minimaal 25 meter** 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.

Scenario: Waterstofbrand (drukbrand)

- Houd **minimaal 25 meter** afstand i.v.m. lengte fakkel en zeer hard geluid (>140dB).
- Ontnuem omgeving tot 50 meter afstand.
- Waterstofbrand/-vlam niet blussen, 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?
- Afsluiten gastoevoer.

Scenario: Aanstraling van de installatie en waterstofbundel (ander type brand dan waterstof)

Bij een installatie, aangedreven op waterstof, kan de waterstoftank en leidingwerk worden aangestraald, met als gevolg dat deze zal afblazen.

- Indien mogelijk; koel de tank en installatie met zoveel mogelijk water, of voorkom dat de tank wordt aangestraald. Dit kan zolang er GEEN waterstoflekkage is.
- Houd minimaal 25 meter afstand i.v.m. kans op ontstaan fakkelbrand en **zeer hard geluid (>140dB)**.
- **Indien de installatie wordt aangestraald:** voorkom overslag/opwarmen bundels en leidingwerk, door afscherming met een waterstraal.
- Benader de installatie altijd onder dekking van een straal en **blus brand zo snel mogelijk zoveel mogelijk af!**

Afbeeldingen Waterstof Installatie – Hydrogen Power



* Afbeeldingen dienen ter illustratie. Het werkelijke ontwerp kan afwijken.



Bredenoord

Hydrogen Power op de Grote Markt in Groningen

De nieuwste waterstofinnovatie van Bredenoord, de Hydrogen Power, stond voor het Waterstof programma van de gemeente Groningen op de Grote Markt tijdens ESNS (Eurosonic Noorderslag) 2023. Dit in samenwerking met de organisatie van ESNS en The Powershop.



Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP) NLHydrogen

- Brede introductie van waterstof
- WP2 Handreiking veilige leefomgeving: waterstofaggregaten
- WP5 Hazid study 4 Hydrogen Power Modules

Bron:

<https://nlhydrogen.nl/overzicht-publicaties/>



Thanks for your attention!

Questions?



Kasper Keukens
K.Keukens@bredenoord.com

+31 6 10031321

+31 55 301 8542

