Memo

www.tno.nl
5.1, 2, e @tno.nl

Aan DGTL BV – 5.1, 2, e
Kopie aan
Van 5.1, 2, e
Onderwerp Veiligheid van waterstofaggregaten voor tijdelijke energievoorzieningen voor niet-inpandige evenementen

Datum:
22 augustus 2025
TNO 2025 M11635
Draft versie

1. Introductie

1.1. Doelstelling

Het doel van dit document is om te komen tot een goed onderbouwd en praktisch document over realistische en toepasbare veiligheidseisen. Het document fungeert bij voorkeur als handvat en richtlijn voor de beoordeling van de evenementenvergunning bij een aanvraag bij gemeenten rondom de inzet van tijdelijke energievoorzieningen voor evenementen met behulp van waterstof in stedelijke omgeving voor een niet-inpandige installatie. Hiermee is het document bedoeld (zie ook verder hieronder) voor de aanvrager, het bevoegd gezag inclusief onder meer omgevingsdiensten en brandweer, en de leverancier van de apparatuur.

Met dit document wordt bijgedragen aan een duidelijke een eenduidige beginpositie voor de beoordeling van de veiligheidssituatie voor de inzet van tijdelijke energievoorzieningen voor evenementen. Tevens draagt het document bij voorkeur bij aan de bureaucratische onduidelijkheden die hieromtrent kunnen leven. Dit zou daarmee de blokkade dienen weg te nemen om waterstof als optie in te zetten en helpt in de transitie naar een non-fossiele energie infrastructuur. Door op een eenduidige manier de afspraken en richtlijnen op een rij te zetten, wordt een protocol geformuleerd, zodat iedere aanvraag waar ook in Nederland op eenzelfde manier behandeld wordt.

Het document omvat daarmee:

1) Een duidelijke richtlijn voor de overheid: hoe pas je deze kennis toe aan de hand van een aanvraag voor de inzet van tijdelijke energievoorzieningen met behulp van waterstof in een stedelijke omgeving voor een niet-inpandige installatie.
2) Duidelijke richtlijn voor de aanvrager: welke informatie moet deze aanleveren voor een aanvraag en aan welke voorwaarden moet de aanvraag voldoen.
3) Duidelijkheid rondom de veiligheidsafstand (per leverancier/installatie) en aanvullende voorwaarden voor de plaatsing van de installatie
4) Duidelijkheid over de toekomstbestendigheid van het document. In hoeverre beoordeelt dit document de huidige situatie en hoe gaat die om met toekomstige ontwikkelingen en leveranciers.
5) Duidelijkheid omtrent hoe dit document in lijn staat met andere gezaghebbende documenten, zoals onder meer de PGS15, PGS37, NIPV gegevens, WVIP (Waterstof Veiligheid Innovatie Programma), bouwen op waterstof.

1.2. Inkadering

Op dit moment is er een Nederlandse Technische Afspraak (NTA) voor waterstofaggregaten in ontwikkeling en heeft als belangrijkste doel om een uniform, landelijk geaccepteerd toetsingskader te bieden voor het veilig en efficiënt inzetten van mobiele waterstofaggregaten in Nederland. Het document wordt een praktische leidraad voor gebruikers, vergunningverleners, veiligheidsregio's en leveranciers, en moet ervoor zorgen dat het gebruik van dergelijke aggregaten eenvoudiger, veiliger en sneller kan plaatsvinden.

Een belangrijk onderdeel van de doelstelling is het versnellen van de vergunningverlening. Momenteel duurt het gemiddeld 26 weken [1] voordat een aanvraag wordt goedgekeurd, terwijl de NTA moet helpen dit proces terug te brengen naar slechts twee tot vier weken. Dat kan door duidelijke, vooraf vastgestelde criteria en procedures op te stellen, waardoor zowel aanvragers als beoordelaars weten waar zij aan toe zijn. Daarnaast wil de NTA zorgen voor uniformiteit in de eisen en de interpretatie daarvan. Nu hanteert elke gemeente of veiligheidsregio vaak eigen regels en beoordelingen, waardoor leveranciers per locatie opnieuw een dossier moeten samenstellen. Door landelijk dezelfde afspraken te maken, wordt het proces voorspelbaar en transparant.

Gelet op de formulering van de opdracht aan TNO en wetende wat de doelstelling is van de NTA, zal er een overlap zitten tussen de inhoud van dit memo en de NTA. Beide documenten richten zich op het creëren van eenduidige richtlijnen voor de inzet van waterstofaggregaten, met als doel om de vergunningverlening te versnellen, veiligheid te waarborgen en uniformiteit te bevorderen. Maar vooral, dat de aanvraagprocedure voor zowel overheid als aanvrager helder moet zijn, en dat er duidelijkheid komt over veiligheidsafstanden en plaatsingsvoorwaarden.

Zonder directe inzage te hebben in de nog niet gepubliceerde NTA, heeft dit memo een pragmatische insteek. Vanuit het oogpunt van de festivalorganisatoren en in dit geval specifiek vanuit DGTL, is het de wens om te komen tot praktische veiligheidseisen voor een realistische zorgplicht rondom de inzet van energievoorzieningen gebaseerd op gasvormig waterstof (waterstof-aggregaten) in een stedelijke omgeving voor een niet-inpandige toepassing. Samenvattend, de festivalorganisatoren willen concreet weten welke veiligheidsafstand gehanteerd dient te worden en welke maatregelen daartoe genomen moeten worden. Verder is het de wens van de festivalorganisatoren om duidelijkheid te hebben over de toekomstige ontwikkelingen en daarmee de toekomstbestendigheid van het memo (wat ook van toepassing is op de NTA).

2. Waar dient een evenementenorganisator rekening mee te houden

In Appendix A is een aantal documenten gegeven, waaruit een potentiële aanvrager kan putten om vast te stellen waar rekening mee gehouden moet worden bij het aanvragen van een vergunning. Dit zal verder concreet worden uitgewerkt in Hoofdstuk 3.

De zaken waar een aanvrager rekening mee dient te houden:

2.1. Vergunningsplicht / meldplicht

Onderdelen van de vergunning/meldplicht zijn:

a. Opslag versus werkvoorraad
b. Bij voorraad is Bal niet van toepassing, maar wel een zorgplicht.
c. Zaken die redelijkerwijs verwacht mogen worden onder de zorgplicht.
    i. Risicoanalyse
    ii. Opstellen veiligheidsplan / noodplan
    iii. Documentatie technische installatie
    iv. Fysieke beveiliging / afzetting
    v. Detectiesysteem / monitoring
    vi. Betrokkenheid brandweer / veiligheidsregio / bevoegd gezag
    vii. Logistiek plan
    viii. Vereisten opstelling (zoals ventilatie, afscherming, wat mag er wel/niet in zone, et cetera).
    ix. Operationele vereisten (markering, ATEX bevoegdheid personeel, et cetera).

2.1.1. Opslag versus werkvoorraad

Het onderscheid tussen opslag en werkvoorraad wordt slechts in enkele documenten expliciet gemaakt, en alleen in bepaalde documenten heeft dit onderscheid directe gevolgen voor vergunningplicht en toepasselijke regelgeving. De twee documenten die hier het meest uitgebreid op ingaan zijn de Basisleidraad Vergunningsprocedure Waterstofgeneratoren [2] en de Handreiking Veilige Leefomgeving Waterstofaggregaten [4]. Beide documenten beschrijven dat aangesloten en geopende drukhouders niet als opslag worden gezien, maar als onderdeel van het proces of de installatie. Daardoor worden deze drukhouders aangeduid als werkvoorraad. In deze documenten wordt ook aangegeven dat werkvoorraad niet meetelt als opslag onder het Besluit activiteiten leefomgeving. Dit betekent dat de bepalingen voor opslag van gevaarlijke stoffen in het Bal - inclusief de bijbehorende meld- of vergunningsplicht - niet van toepassing zijn wanneer waterstof uitsluitend als werkvoorraad aanwezig is. Wel wordt benadrukt dat de definitie van wat als werkvoorraad geldt niet expliciet in het Bal is vastgelegd en daarom ter beoordeling staat van het bevoegd gezag. Verder verwijzen beide documenten naar PGS 15, waar een aanvullende omschrijving van werkvoorraad is opgenomen en waar wordt benadrukt dat werkvoorraad strikt noodzakelijk moet zijn voor de bedrijfsvoering en niet in een opslagvoorziening hoeft te staan.

Het Handboek Bouwen op Waterstof [6] noemt het begrip werkvoorraad slechts beperkt. Het verwijst voornamelijk naar een maatregel uit PGS 15 die stelt dat werkvoorraad aantoonbaar noodzakelijk moet

zijn. Het document werkt echter niet uit welke juridische gevolgen dit heeft en gaat niet in op vergunningplicht of de verhouding tot het Bal.

De Handreiking Veilige Leefomgeving [4] maakt geen onderscheid tussen opslag en werkvoorraad en beschrijft het onderwerp niet in relatie tot wetgeving of vergunningprocedures. Ook PGS 35, dat betrekking heeft op afleverinstallaties van waterstof, behandelt het werkvoorraadbegrip niet, omdat dit document een ander toepassingsgebied heeft en vooral gaat over de technische en veiligheidskundige eisen voor waterstofafleverinstallaties.

2.1.2. Zorgplicht

Verschillende documenten behandelen de zorgplicht vanuit de Omgevingswet, het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) en het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Het Handboek Bouwen op Waterstof [XX] gaat het meest uitgebreid in op dit onderwerp. Het document legt uit dat de Omgevingswet twee algemene zorgplichten bevat: iedereen moet voldoende zorg dragen voor de fysieke leefomgeving en maatregelen nemen om nadelige gevolgen van activiteiten te voorkomen of te beperken. Wanneer dat niet mogelijk is, moet de activiteit achterwege worden gelaten voor zover dit redelijkerwijs kan worden gevraagd. Deze zorgplichten gelden altijd, behalve wanneer specifieke regels van toepassing zijn. Daarnaast beschrijft het handboek de specifieke zorgplicht uit het Bal, die betrekking heeft op veiligheid, gezondheid en milieu, waarbij onder meer wordt verlangd dat passende preventieve maatregelen worden getroffen, de beste beschikbare technieken worden toegepast en significante milieuverontreiniging wordt voorkomen. Ook de specifieke zorgplicht uit het Bbl komt aan bod; deze ziet op veiligheid en gezondheid in de directe omgeving van bouw- en sloopwerkzaamheden. Degene die werkzaamheden uitvoert moet alle maatregelen nemen die redelijkerwijs kunnen worden gevraagd om gevaar voor de omgeving te voorkomen of niet te laten voortduren.

De Handreiking Veilige Leefomgeving Waterstofaggregaten [4] behandelt de zorgplicht eveneens. In dit document wordt de algemene zorgplicht uit de Omgevingswet genoemd als vangnet voor situaties waarin nog geen specifieke wetgeving of regels bestaan, met de nadruk dat deze plicht geldt voor overheden, bedrijven en burgers. Ook de specifieke zorgplicht uit het Bal wordt beschreven, die van toepassing is op milieubelastende activiteiten waarvoor regels gelden. Verder benadrukt de handreiking dat lokale overheden ook eigen specifieke zorgplichten kunnen opnemen in het omgevingsplan.

Het document Waterstof op de bouwplaats [6] behandelt de zorgplicht in juridische diepgang. Ook daar wordt uiteengezet dat algemene en specifieke zorgplichten uit de Omgevingswet gelden en dat de algemene zorgplicht terugtreedt wanneer specifieke regels van toepassing zijn. Tegelijkertijd wordt benadrukt dat een activiteit nooit volledig buiten de zorgplicht valt, omdat vaak slechts een deelaspect specifiek is geregeld. De specifieke zorgplichten uit zowel het Bal als het Bbl worden gedetailleerd toegelicht.

Tot slot verwijst ook de basisleidraad [2] naar zorgplicht, maar meer indirect. In dit document wordt aangegeven dat sommige onderdelen van de vereiste documentatie in de praktijk worden gevraagd op basis van zorgplicht en maatwerk. De zorgplicht functioneert hier dus als grondslag voor aanvullende eisen wanneer het Bal niet volledig voorziet.

2.2. (Veiligheids)afstanden

De verschillende documenten behandelen veiligheidsafstanden vanuit uiteenlopende invalshoeken, maar gezamenlijk ontstaat een consistent beeld. De meest uitgebreide en technische beschrijvingen zijn te vinden in het Handboek Bouwen op Waterstof [6], de Handreiking [4] en de Basisleidraad [2]. De documenten beschrijven veiligheidsafstanden steeds binnen drie categorieën: ATEX-zones (explosiegevaar), interne veiligheidsafstanden (binnen de installatie) en externe veiligheidsafstanden (afstand tot omgeving of publiek). Het Handboek Bouwen op Waterstof [6] beschrijft voornamelijk ATEX-zonering en warmtestralingscontouren. ATEX-zones worden bepaald volgens NPR 7910 en NEN-EN-IEC 60079 en hebben betrekking op de directe omgeving van potentieel lekkende componenten zoals koppelingen, reduceerunits en aansluitingen. Tijdens normale werking ontstaat een beperkte ATEX-zone rondom deze componenten, terwijl bij wisselhandelingen tijdelijk een grotere zone kan gelden. Deze zonering dient vooral om ontstekingsbronnen op voldoende afstand te houden en werkprocedures veilig in te richten. Daarnaast presenteert het handboek warmtestralingsberekeningen voor voorbeeldopstellingen met flessenpakketten en MEGC's. Deze berekeningen geven contouren voor stralingsniveaus van onder meer 3 kW/m² en 10 kW/m², waarbij de afstand afhankelijk is van de hoeveelheid waterstof en de precieze configuratie. Deze waarden dienen als hulpmiddel bij het bepalen van de interne afstand tussen waterstofcomponenten, de werkruimte rondom installaties en de positionering van installaties op de bouwplaats. Het handboek introduceert echter geen externe veiligheidsafstanden in juridische zin en geeft geen risicocontouren gebaseerd op plaatsgebonden risico.

De Handreiking Veilige Leefomgeving [4] gaat dieper in op de relatie tussen veiligheidsafstanden en regelgeving. Dit document behandelt ATEX-zones volgens dezelfde systematiek als het handboek, maar voegt daaraan toe dat ATEX-zonering invloed heeft op vluchtroutes, werkprocedures en de fysieke opstelling van de installatie. De handreiking introduceert daarnaast interne en externe afstanden vanuit warmtestraling, vergelijkbaar met PGS-methodieken, waarbij stralingsniveaus bepalend zijn voor het risico op branduitbreiding en thermische belasting. De Handreiking [4] beschrijft dat bij werkvoorraad geen vaste afstandsnormen uit het Bal gelden en dat afstandsbepaling berust op maatwerk, risicobeoordeling en de zorgplicht.

De Basisleidraad [2] volgt een vergelijkbare lijn, maar maakt expliciet onderscheid tussen opslag en werkvoorraad, wat direct bepaalt of vaste afstandstabellen uit PGS 15 of het Bal gelden. Omdat werkvoorraad niet als opslag wordt gezien, zijn vaste externe veiligheidsafstanden uit de opslagrichtlijnen niet verplicht. Het document stelt dat interne afstanden moeten worden afgeleid uit technische documentatie, ontwerpprincipes en scenarioanalyses, terwijl externe afstanden onder de zorgplicht vallen en locatie-specifiek worden bepaald. ATEX-zonering wordt aangehaald als verplichte maatregel bij lekkagerisico's, waarbij de omvang van de zone wordt afgeleid uit NPR 7910. De leidraad benadrukt dat, bij het ontbreken van wettelijke afstandsnormen, externe afstanden gerechtvaardigd moeten worden via risicoanalyse, ontwerpkeuzes en mitigerende maatregelen zoals afscherming, detectie en ventilatie.

De Handreiking Veilige Leefomgeving [4] beschrijft veiligheidsafstanden meer conceptueel en minder technisch. Het document benoemt het belang van interne afstanden voor installatie-integriteit, externe afstanden om publiek te beschermen en ATEX-zonering rond mogelijke lekpunten, maar geeft geen numerieke waarden. De handreiking benadrukt dat veiligheidsafstanden altijd moeten worden bepaald op basis van scenario's, risico's, warmtestraling, bereikbaarheid van hulpdiensten en de directe omgeving. Het document adviseert maatwerk en een combinatie van maatregelen als afscherming,

fysieke barrières, detectie en organisatorische maatregelen, maar bevat geen normen of vaste tabellen voor afstanden.

2.3. Documentatie voor vergunningsaanvraag

De verschillende documenten benoemen uiteenlopende vormen van documentatie die een aanvrager moet aanleveren, maar er ontstaan duidelijke gemene delers. De Basisleidraad Vergunningsprocedure [2] Waterstofgeneratoren en de Handreiking [4] geven de meest volledige opsommingen. Zij noemen dat een aanvrager in ieder geval een technische beschrijving van de installatie moet aanleveren, inclusief datasheets, tekeningen, opstellingsschema's, ATEX-zonering en informatie over drukhouders en reduceerstations. Ook moet de aanvrager veiligheidsinformatie verstrekken, zoals een risicoanalyse of vergelijkbare onderbouwing, scenario's van faalgevallen, mitigerende maatregelen, een noodplan en informatie over organisatorische beheersing, inclusief de rolverdeling en deskundigheid van personeel. Daarnaast verlangen deze documenten een bouw- of situatietekening, een logistiek plan voor aanvoer en wisseling van waterstof, en een beschrijving van ventilatie, afscherming en bereikbaarheid. Beide documenten benadrukken dat deze documentatie noodzakelijk is om het bevoegd gezag in staat te stellen te beoordelen of de risico's voldoende zijn afgedekt.

Het Handboek Bouwen op Waterstof [6] richt zich meer op de bouwplaatspraktijk en noemt vooral operationele documentatie, zoals een werkplan, toolboxinstructies, inspectieformulieren, installatie-opleverrapporten, een VGM-plan aangevuld met waterstofspecifieke risico's en een actuele bouwplaatstekening met de opstelling van de installatie. Ook beschrijft het handboek dat er een alarmkaart en noodprocedure beschikbaar moeten zijn en dat de leverancier bij ingebruikname documentatie moet aanleveren over de technische staat en werking van de installatie.

De Handreiking Veilige Leefomgeving van [3] benoemt documentatie minder gedetailleerd, maar verwijst wel naar de noodzaak van risicoafweging, opstelinformatie, organisatorische maatregelen en afstemming met hulpdiensten. PGS 35 bevat vooral technische documentatie-eisen voor afleverinstallaties, maar deze zijn minder relevant voor tijdelijke waterstofaggregaten. In samenhang laten de documenten zien dat een aanvrager altijd technische gegevens, veiligheidsinformatie, situatietekeningen, organisatorische borging en noodprocedures moet aanleveren om een aanvraag volledig en toetsbaar te maken.

2.4. Afstemming met bevoegd gezag. Wanneer welke partij(en) betrekken

De verschillende documenten noemen het betrekken van het bevoegd gezag telkens in een iets andere context, maar de kern is overal vergelijkbaar. In de Basisleidraad Vergunningsprocedure Waterstofgeneratoren [2] en de Handreiking Veilige Leefomgeving [4] wordt het bevoegd gezag het meest expliciet genoemd. Deze documenten stellen dat het bevoegd gezag moet beoordelen of sprake is van opslag of werkvoorraad en dat dit onderscheid bepalend is voor meld- of vergunningsplicht. Omdat het begrip werkvoorraad niet scherp is gedefinieerd in de wet, wordt geadviseerd om het bevoegd gezag vroegtijdig te betrekken om onduidelijkheden over de toepasselijke regelgeving en eventuele maatwerkvoorschriften te voorkomen. Beide documenten benadrukken dat het bevoegd gezag aanvullende eisen kan stellen wanneer formele regels ontbreken.

Het Handboek Bouwen op Waterstof [6] noemt het bevoegd gezag meer in praktische zin. Het document beschrijft dat gemeenten, omgevingsdiensten en veiligheidsregio's toezicht houden op de uitvoering van de zorgplicht en dat zij moeten worden betrokken wanneer de opstelling afwijkt of extra risico's met zich meebrengt. De Handreiking Veilige Leefomgeving [4] verwijst tot slot naar het belang van afstemming met lokale autoriteiten zoals brandweer en gemeente bij het bepalen van maatregelen, afstanden en incidentprocedures. Hoewel PGS 35 [5] dit onderwerp nauwelijks behandelt, komt uit alle andere documenten naar voren dat tijdige afstemming met het bevoegd gezag cruciaal is om veiligheid, naleving en duidelijkheid over verantwoordelijkheden te waarborgen.

Gezamenlijk laten de documenten zien dat het betrekken van het bevoegd gezag essentieel is op drie momenten: bij het vaststellen van opslag versus werkvoorraad, bij het bepalen van benodigde afstands- en veiligheidsmaatregelen en bij de beoordeling van specifieke zorgplicht en maatwerkvoorschriften. Daarbij wordt uiteenlopend benadrukt dat vroegtijdige afstemming nodig is om onduidelijkheid over regels, verantwoordelijkheden en risico's te voorkomen.

2.5. Globaal overzicht van aandachtspunten voor aanvrager

1. **Vaststellen of de activiteit onder het Bal valt**
   - *Aanvrager:* onderzoekt of het gebruik van het waterstofaggregaat een milieubelastende activiteit is, onderzoekt of de activiteit valt onder het Bal.
   - *Beoordelaar:* controleert of de juiste Bal-categorie en drempelwaarden zijn toegepast.
2. **Bepalen of sprake is van opslag of werkvoorraad**
   - *Aanvrager:* beoordeelt of waterstof op locatie wordt opgeslagen of als werkvoorraad wordt gebruikt.
   - *Beoordelaar:* toetst of de classificatie juist is (werkvoorraad ≠ opslag, koppelen/ontkoppelen ≠ tanken).
3. **Nagaan of een meldplicht geldt**
   - *Aanvrager:* dient bij meldingsplicht een melding in via het Omgevingsloket.
   - *Beoordelaar:* verifieert of een melding volstaat en of deze compleet is.
4. **Nagaan of een vergunningplicht geldt**
   - *Aanvrager:* bepaalt of opslaghoeveelheden, thermisch ingangsvermogen of risico-indicatoren leiden tot vergunningplicht.
   - *Beoordelaar:* beoordeelt of vergunningplicht correct is vastgesteld op basis van Bal en Bkl.
5. **Bepalen van bevoegd gezag**
   - *Aanvrager:* stelt vast of B&W of de provincie bevoegd gezag is.
   - *Beoordelaar:* bevestigt dat de aanvraag bij het juiste gezag is ingediend.
6. **Uitvoeren van een risicoanalyse**
   - *Aanvrager:* maakt een gevarenbeoordeling, scenarioanalyse en beschrijft maatregelen en best beschikbare technieken.
   - *Beoordelaar:* toetst of de risicoanalyse volledig is en of maatregelen voldoen aan zorgplicht en BBT-eisen.
7. **Verzamelen van technische en organisatorische informatie**
   - *Aanvrager:* levert documentatie aan over de installatie, drukhouders, werkwijze, beveiligingen, procedures en transport.
   - *Beoordelaar:* beoordeelt of de technische gegevens aansluiten bij regelgeving en of risico's voldoende zijn onderbouwd.

8. **Indienen van melding of vergunningaanvraag**
    - *Aanvrager:* uploadt alle documenten via het Omgevingsloket, inclusief motivatie dat aan zorgplicht wordt voldaan.
    - *Beoordelaar:* controleert volledigheid en vraagt zo nodig aanvullende informatie op.
9. **Beoordelings- en aanvulronde**
    - *Aanvrager:* levert eventueel extra documenten of maatregelen aan wanneer hierom wordt gevraagd.
    - *Beoordelaar:* toetst of aanvullende informatie voldoende is en kan maatwerkvoorschriften opleggen.
10. **Implementeren van aanvullende maatregelen**
    - *Aanvrager:* voert aanvullende technische of organisatorische maatregelen uit als dit door het bevoegd gezag wordt vereist.
    - *Beoordelaar:* ziet toe op naleving en kan handhaven bij overtredingen.
11. **Start van werkzaamheden binnen vergunning of melding**
    - *Aanvrager:* werkt volgens de verleende vergunning of melding en blijft voldoen aan de zorgplicht.
    - *Beoordelaar:* bewaakt dat de activiteit blijft voldoen aan de regels en kan optreden bij afwijkingen.

) CONCEPT (

3. Advies TNO ten aanzien van de vergunningsaanvraag organisator

3.1. Definities

Voor de eenduidigheid worden de volgende definities gehanteerd:

1) Gasfles. Een herbruikbare drukhouder. Volumes variëren tussen enkele (water)liters (zogenaamde lecture bottles) tot 150 liter. In dit document wordt uitgegaan van 50 liter cilinders die conventioneel op 200 bar staan (≈ 0.85 kilo waterstof). Er zijn ook cilinders die op 300 bar opereren.
2) Gasflessenpakket. Bundels van 12 to 20 gasflessen die onderling zijn verbonden. Uitgaande van 200 bar respectievelijk ≈10 en ≈16,5 kilo waterstof.
3) Tubetrailer. Voertuig/trailer waarop 1 of meerdere grote buizen ('tubes') zijn gemonteerd. Inhoud kan variëren tussen de honderden en duizenden liters per tube. Uitgaande van 200 tot 300 bar per tube en aannemende een totaalvolume van 20,000 liter komt dit overeen met respectievelijk ≈330 kilo en ≈500 kilo waterstof.
4) MEGC (Multiple Element Gas Container) is een containerconstructie met daarin meerdere grote drukvaten ('elements') meestal gemaakt van composiet met drukken die variëren tussen de 200 en 500 bar. Aannemende 15,000 liter totaalvolume en genoemde drukken, komt dit overeen met respectievelijk ≈250 en ≈620 kilo waterstof.
5) Aggegaat. Een waterstofaggregaat is een zelfstandige installatie die met behulp van waterstof, doorgaans via een brandstofcel, elektrische energie opwekt en daarbij onafhankelijk werkt van het reguliere elektriciteitsnet.
6) Batterij. Een batterij is een apparaat dat elektrische energie tijdelijk opslaat en deze op een later moment weer afgeeft om apparatuur of systemen van stroom te voorzien. De hierboven genoemde aggregaat kan de bron zijn die de batterij oplaadt.

3.2. Stappenplan

Hieronder volgt een gedetailleerd stappenplan wat de evenementenorganisator moet doen voor het aanvragen van een vergunning.

3.2.1. Vergunnings-/meldplicht en Bal wetgeving

Als eerste stap dient vastgesteld te worden of de Bal van toepassing is, of er een meld- of vergunningsplicht bestaat, of er voldaan is aan de zorgplicht en welke technische en organisatorische maatregelen zijn genomen.

A. Activiteit volledig beschrijven (deel informatie afkomstig van leverancier)

1. Type waterstofaggregaat vastleggen (merk, model, vermogen).
2. Aangeven welke waterstofopslag wordt gebruikt (cilinderbundel, MEGC, composiettank, container).
3. Aantal cilinders of tankinhoud noteren (liter of kg waterstof).
4. Vastleggen dat dit werkvoorraad betreft en geen zelfstandige opslag.
5. Beschrijven hoe lang de installatie op het terrein staat.

6. Drukniveaus in leidingwerk opnemen (hogedruk, lagedruk).
7. Overzicht geven van beveiligingen (PRD, afsluiters, detectie, drukreductie).

B. Vaststellen dat de activiteit onder het Bal valt

8. Beoordelen dat het gebruik van waterstof in een stookinstallatie valt onder Bal artikel 3.4/3.5.
9. Vastleggen dat paragraaf 4.98 van het Bal niet geldt vanwege werkvoorraad.
10. Concluderen dat het Bal van toepassing is via het gebruik, niet via opslag.
11. Noteren dat de algemene en specifieke zorgplicht geldt.

C. Check meldplicht

12. Vastleggen dat paragraaf 4.98 van het Bal niet automatisch van toepassing is.
13. Controleren of de gemeente in het omgevingsplan een meldplicht hanteert voor werkvoorraad.
14. De gemeentelijke interpretatie opnemen (bij voorkeur schriftelijk bevestigd).

D. Check vergunningplicht

15. Controleren of opslaghoeveelheden ≥ 10.000 kg zijn (bij evenementen niet van toepassing).
16. Nagaan of de gemeente in het omgevingsplan een tijdelijke vergunningplicht hanteert.

E. Overleg met bevoegd gezag

17. Gemeente informeren over de activiteit en aanvullende eisen opvragen.
18. Veiligheidsregio of brandweer vooraf betrekken.
19. Uitvragen hoe de gemeente werkvoorraad beoordeelt binnen evenementenbeleid.
20. Overlegdocumentatie (mail, verslag) bewaren.

F. Technische documentatie aanleveren (door leverancier aan aanvrager)

21. Datasheets van het aggregaat en beveiligingen meesturen.
22. Schema's aanleveren van leidingwerk.
23. Beschrijving geven van drukreductie en plaatsing van reduceerventielen.
24. Beschrijven van PRD's en hun uitstroomrichting.
25. ATEX-zoneplan toevoegen (1 meter zone rond elektrische apparatuur).
26. Ventilatieconcept van opstelling toelichten.
27. Plan voor waterstofdetectie (locaties, alarmniveau, koppelacties) aanleveren.

G. Locatie en opstelling onderbouwen (samen met leverancier)

28. Plattegrond toevoegen met exacte opstelplaats.
29. Afstanden tot publiek, looproutes, rijbanen en objecten noteren.
30. Beschrijven dat opstelling in open lucht staat, zonder luwtezones.
31. Benoemen dat luwtezones worden vermeden.
32. Aanrijdbeveiliging beschrijven.
33. Hekwerk en afzetting omschrijven.

H. Toelichten van veiligheidsmaatregelen (zorgplichtinvulling) (goeddeels door leverancier)

34. PRD-uitstroomrichting vrij van publiek en structuren kiezen.
35. ATEX-gecertificeerde elektrische apparatuur binnen container gebruiken.
36. Ventilatie waarborgen via open opstelling.
37. Monitoring van druk, flow en detectie beschrijven.
38. Twee-persoonscontrole bij aansluiten van bundels toepassen.
39. Geen opslag van materialen binnen de afzetting toestaan.

I. Operationele procedures aanleveren (door leverancier aan te leveren)

40. Procedure voor opbouw en lektests beschrijven.
41. Gefaseerde opstartprocedure opstellen.
42. Inspectie- en monitoringsprocedure tijdens gebruik opstellen.
43. Procedure voor afbouw en drukloos maken beschrijven.
44. Registratie van handelingen en inspecties opnemen.

J. Handelingsperspectief incidenten

45. Communicatieplan met beveiliging en EHBO toevoegen.

K. Melding doen indien lokaal verplicht

46. Melding indienen via Omgevingsloket of gemeentelijk loket indien de gemeente dit vereist.
47. Documentatie (techniek, plattegronden, maatregelen) bij de melding voegen.
48. Melding idealiter vier weken vooraf indienen.

L. Laatste controles voorafgaand aan het evenement (door leverancier aan te leveren)

49. Technische inspectie uitvoeren voor ingebruikname.
50. Lektest onder bedrijfsdruk uitvoeren.
51. Werking van detectie, automatische afsluiting en noodstoppen testen.
52. Controleren dat hekwerk en aanrijdbeveiliging conform plan staan.
53. Controleren of opstelling daadwerkelijk overeenkomt met ingediende documentatie.
54. Contactgegevens van operator en storingsdienst aan gemeente verstrekken.

3.2.2. Bepalen van bevoegd gezag

Voor het bepalen welk bevoegd gezag/welke entiteiten moeten worden aangesloten, kan het volgende stappenplan worden doorlopen.

1. Is het een evenement?
   Ja: de gemeente is bevoegd gezag.
   Nee: ga door naar punt 2 om te bepalen of er andere milieuregels gelden.
2. Wordt waterstof gebruikt (aggregaat, generator, brandstofcel)?
   Ja: dit is een milieubelastende activiteit; de gemeente is bevoegd gezag.
   Nee: geen bevoegd gezag voor waterstof; dit valt onder andere regelgeving.

3. Gaat het om werkvoorraad (direct gebruik) en niet om opslag?
   Ja: opslagregels van het Bal zijn niet van toepassing; de gemeente blijft bevoegd gezag.
   Nee: zelfstandige opslag moet worden beoordeeld onder paragraaf 4.98 van het Bal; in de praktijk blijft de gemeente vrijwel altijd bevoegd gezag.
4. Valt de activiteit onder het Bal als stookinstallatie op waterstof?
   Ja: de gemeente is bevoegd gezag.
   Nee: beoordelen of de activiteit onder andere milieuregels valt; voor evenementen blijft de gemeente bevoegd gezag.
5. Staan er in het omgevingsplan aanvullende regels voor waterstof of tijdelijke installaties?
   Ja: de gemeente blijft bevoegd gezag en hanteert deze aanvullende voorwaarden.
   Nee: de gemeente blijft bevoegd gezag op basis van het Bal.
6. Behandelt de omgevingsdienst aanvragen voor de gemeente?
   Ja: de omgevingsdienst is uitvoerend bevoegd gezag namens de gemeente.
   Nee: de gemeente behandelt de aanvraag zelf.
7. Moet de veiligheidsregio worden betrokken?
   Ja: de veiligheidsregio is adviseur maar geen bevoegd gezag.
   Nee: dit komt nauwelijks voor; de gemeente blijft het enige bevoegd gezag.

3.2.3. Documentatie

De aanvrager dient de volgende documentatie aan te leveren:

A. Basisinformatie over de activiteit (door leverancier aan te leveren)

1. Beschrijving van het waterstofaggregaat (merk, type, vermogen, werking).
2. Doel van gebruik.
3. Plaats en duur van de inzet op het evenement.
4. Aantal uren dat de installatie draait en verbruikspatroon.
5. Aanduiding dat het gaat om werkvoorraad en geen opslagactiviteit.

B. Technische documentatie van het aggregaat (door leverancier aan te leveren)

6. Datasheets van het aggregaat (elektrisch, mechanisch, thermisch).
7. Schema's van waterstofleidingwerk.
8. Drukniveaus op alle relevante punten in het systeem.
9. Beschrijving van alle veiligheidsbeveiligingen, waaronder:
   - PRD's (pressure relief devices) en afblaasrichting
   - automatische afsluiters
   - noodstop (locaties en werking)
   - drukregelaar / reduceerventielen
10. ATEX-classificatie van elektrische apparatuur in de container (zone-indeling).
11. Brandwerendheidsclassificatie van de container of behuizing indien van toepassing.

C. Informatie over waterstofvoorziening (door leverancier aan te leveren)

12. Type opslag (cilinderbundel, MEGC, composiettank).
13. Inhoud per cilinder / tank (liter of kg).

14. Aantal cilinders of tanks.
15. Werkdrukken (vuldruk, bedrijfsdruk, lagedrukdeel).
16. Bewijs dat installatie voldoet aan CE, PED, ADR of relevante normen.
17. Beschrijving van aansluitprocedure (wisselen van bundels/werkvoorraad).

D. Veiligheidsmaatregelen en risicobeheersing (door leverancier aan te leveren)

18. Risicoanalyse van de installatie (HAZOP, TRA of beargumenteerde risico-inschatting).
19. Gasdetectieschema (locaties, alarmgrens, koppeling met afsluiters).
20. Ventilatie- en verdunningsargumentatie van de opstellingslocatie.
21. Overzicht van maatregelen tegen mechanische belasting (aanrijdbeveiliging).
22. Overzicht van maatregelen om luwtezones en gasophoping te vermijden.
23. Plan en motivatie voor de PRD-afblaasrichting (vrije uitstroom).
24. Beschrijving van wat binnen de afzetting mag staan en wat niet.

E. Locatie- en situatietekeningen (door leverancier aan te leveren)

25. Plattegrond van het terrein met:
    - exacte opstelplaats aggregaat
    - afstanden tot publiek, voertuigen, objecten, podia
    - aanrijdroutes en evacuatieroutes
26. Detailtekening van installatie in container of opstelling.
27. ATEX-zone-tekening (binnen container en directe omgeving).
28. Afzetting en hekwerkplan (zones, verboden toegang).

F. Operationele documenten (door leverancier aan te leveren)

29. Opbouwprocedure inclusief lektest onder bedrijfsdruk.
30. Inbedrijfstellingsprocedure (gefaseerd opdrukken).
31. Bedrijfsprocedure (inspecties, monitoring, storingsmeldingen).
32. Afbouwprocedure (drukloos maken, demontage, afvoer).
33. Overzicht verantwoordelijkheden en namen van aangewezen operators.

G. Nood- en incidentdocumenten (deels door leverancier aan te leveren)

34. Noodstopplan met locaties en actieradius.
35. Communicatieplan met beveiliging en EHBO
36. Afstemming met veiligheidsregio over incidentbestrijding (brandweeradvies).

H. Juridische en bestuurlijke documenten

37. Vaststelling dat het gaat om werkvoorraad en geen opslag.
38. Beoordeling Bal-toepassing (stookinstallatie, zorgplicht).
39. Vastlegging van interpretatie bevoegd gezag (gemeente / omgevingsdienst).
40. Correspondentie met gemeente en veiligheidsregio.
41. Eventuele melding op verzoek van gemeente (met verzendbewijs).
42. Eventuele aanvullende eisen vanuit omgevingsplan.

3.3. Identificatie van primaire risico's

In generieke zin kunnen de volgende scenario's worden geïdentificeerd die kunnen leiden tot waterstoflekkage bij een waterstofaggregaat. Fabricagefouten zijn in dit overzicht achterwege gelaten. Deze lijst is niet bedoeld om uitputtend te zijn.

1. Lekkages kunnen ontstaan door falen van leidingen en koppelingen. Mechanische beschadiging door voertuigen, vallende objecten of trillingen kan leiden tot losraken van aansluitingen. De veroudering en slijtage van O-ringen, pakkingen en metalen leidingen kunnen afdichtingsproblemen veroorzaken. Onjuiste montage vormt een directe bron van lekkage.
2. Bij de opslag in (compostiet)tanks of cilinders kunnen verschillende situaties leiden tot gasverlies. Bij mechanische beschadiging of omvallen van cilinders kunnen ventielen afbreken of lekkages ontstaan.
3. In het aggregaat kunnen interne componenten falen, zoals de brandstofcelstack, interne manifolds en drukregelapparatuur. Losrakende fittingen en falende pakkingen leiden tot lekkage. Drukregelaars en reduceerventielen kunnen vastlopen of membraanbreuk vertonen. Sensorpunten zoals druk- en flowmeters kunnen gas verliezen door slijtage van afdichtingen of gebrekkige aansluiting.
4. Menselijke fouten tijdens bediening of onderhoud zijn een belangrijke oorzaak van waterstoflekkage. Onjuist openen of sluiten van cilinderkranen, het niet volledig vergrendelen van koppelingen en het demonteren van componenten zonder drukloos maken kunnen direct tot gasverlies leiden. Verkeerde vervanging van afdichtingen, het toepassen van onjuiste aandraaimomenten en het aansluiten van verkeerde koppelstukken kunnen dit risico vergroten.
5. Externe en omgevingsinvloeden spelen een rol bij het ontstaan van lekkages. Trillingen door het aggregaat zelf of door nabijgelegen machines kunnen koppelingen loswerken. Extreme temperaturen kunnen afdichtmaterialen doen krimpen, uitdrogen of verouderen, waardoor ze minder goed afsluiten. Vuil, stof, vocht en ijsvorming kunnen bovendien de afdichting beïnvloeden en lekkages veroorzaken.
6. Tijdens transport of verplaatsing van een mobiel waterstofaggregaat kunnen schokken, vibraties en slechte borging van cilinders of componenten leiden tot beschadiging van leidingen, koppelingen en ventielen. Hierdoor kunnen lekkagepunten ontstaan.

Bij een lekkage met een waterstofgenerator kunnen de gevolgen in drie hoofdgroepen worden onderverdeeld:

Ten eerste kan een directe ontsteking plaatsvinden, waarbij een jet fire (fakkel) ontstaat bij een groot hogedruklek. In geval van een kleine lekkage kan een kleine (onzichtbare) vlam ontstaan bij dit lek. Een gevormde gaswolk kan later worden ontstoken (vertraagde ontsteking – delayed igntion) leidende tot een wolkbrand. Een explosie behoort ook tot deze categorie, maar komt alleen voor in situaties met voldoende opsluiting.

Ten tweede kunnen scenario's optreden zonder ontsteking. Dit betreft de vorming van een waterstofwolk die zich door de lucht verspreidt en meestal snel verdund raakt, zeker in openlucht. Het afblazen van een veiligheidsklep (PRD) leidt tot een uitstroom die – indien de afblaas in de juiste richting wordt afgevoerd - meestal zonder ontsteking kan plaatsvinden.

Ten derde zijn er scenario's die niet direct door de lekkage zelf, maar door de secundaire gevolgen worden veroorzaakt. Warmtestraling van een brand van omliggende materialen kan de druk in de waterstoftank doen oplopen, waardoor de afblaas wordt geactiveerd.

De fakkel, wolkbrand door vertraagde ontsteking en kleinschalige vlammen zijn daarmee de geïdentificeerde mogelijke gevolgen van een lekkage. Deze drie gevolgen worden hieronder verder besproken.

3.3.1. Fakkel

Een fakkel ontstaat bij een waterstofaggregaat wanneer waterstof onder hoge druk kan ontsnappen en direct wordt ontstoken. Dat gebeurt alleen onder specifieke omstandigheden. Eerst moet er een voldoende grote lekkage zijn, bijvoorbeeld door een breuk in een hogedrukleiding, een beschadigde koppeling of het losraken van een fitting. Ook het openen van een veiligheidsklep (PRD) bij overdruk kan een gerichte uitstroom veroorzaken. Bij waterstofbundels en aggregaten staan de cilinders vaak op 200 tot 500 bar, waardoor elke grotere opening automatisch leidt tot een hogesnelheidsstraal gas.

Daarnaast moet de waterstofstraal een ontstekingsbron vinden. In de praktijk ontstaat ontsteking vaak door niet-ATEX-veilige apparatuur, door statische ontlading of door hete delen van machines of voertuigen. Bij een lekkage moet de waterstofconcentratie binnen het ontvlambare bereik liggen; waterstof verdunt snel in de open lucht, waardoor een ontstekingsbron zich dicht bij de lekkage dient te bevinden.

In de praktijk komt een fakkel meestal voort uit een ernstige lekkage bij een koppeling of leiding, een aanrijding die een leiding beschadigt, of het afblazen van een veiligheidsklep bij oververhitting gecombineerd met een foutieve afblaasrichting. Een fakkel vereist dus altijd drie elementen: een grote hogedrukuitstroming, een ontstekingsbron en een lokale concentratie die nog binnen het ontvlambare bereik valt.

3.3.2. Wolkbrand

Een wolkbrand ontstaat wanneer waterstof uit een lekkage kan ontsnappen, zich tijdelijk mengt met lucht tot een ontvlambare concentratie en vervolgens op een later moment wordt ontstoken. Anders dan bij een fakkel is er bij een wolkbrand geen directe ontsteking op het moment van het lek; de wolk krijgt eerst de kans zich te verspreiden.

Een wolkbrand treedt pas op wanneer de ontsteking optreedt. Zodra de wolk wordt ontstoken, leidt dit tot een snelle zogenoemde vlamdoorslag. In de meeste gevallen treedt hierbij geen significante overdruk op, tenzij de wolk zich in een deels opgesloten ruimte bevindt. In openlucht is een explosief scenario met drukopbouw vrijwel uitgesloten.

Een wolkbrand vereist dus drie stappen: een lekkage die niet direct ontbrandt, de vorming van een mengsel binnen het ontvlambare bereik en een ontstekingsbron.

3.3.3. Kleinschalige vlammen

Kleinschalige lekkages leiden meestal niet tot grote zichtbare effecten en daarmee vrijwel nooit tot significante warmtestraling of grote gaswolken. Omdat waterstof zeer licht en vluchtig is, blijft de impact van zulke kleine lekkages meestal beperkt, zeker in openlucht.

Waterstofvlammen kunnen moeilijk te zien zijn bij daglicht, waardoor een kleine ontbranding soms niet onmiddellijk wordt opgemerkt. Deze brand is meestal lokaal, blijft dicht bij de bron en veroorzaakt weinig thermische belasting op afstand. Het risico bestaat vooral uit het potentieel voor materiaalverhitting direct naast de lekkage of het beschadigen van onderdelen wanneer de lekkage langere tijd onopgemerkt blijft.

Wanneer er geen ontsteking plaatsvindt, blijft het effect beperkt tot een kleine pluim van waterstof die zich met de lucht mengt. In de openlucht zijn kleinschalige lekkages vooral een operationeel en detectietechnisch risico: ze zijn moeilijk waarneembaar, mogelijk onzichtbaar brandend en kunnen apparatuur of leidingen lokaal verhitten. Ze escaleren vrijwel nooit naar grotere scenario's, tenzij de lekkage groter wordt door mechanische schade of door het verder losraken van een koppeling.

3.4. Aandachtspunten voor toepassing waterstofaggregaat tijdens een evenement.

3.4.1. Vaststellen gevaar tijdens gebruiksfase

Bij het gebruik van een waterstofgenerator tijdens een evenement doorloopt de installatie drie duidelijk te onderscheiden fasen: de opbouw voorafgaand aan het evenement, de gebruiksfase tijdens het evenement zelf en de afbouw nadat het evenement is afgelopen. Elke fase brengt andere risico's met zich mee, doordat de aard van de werkzaamheden verschilt, verschillende partijen betrokken zijn en de installatie zich in een andere mate van stabiliteit bevindt. Hierdoor verandert in elke fase zowel de kans op incidenten als de mogelijke gevolgen ervan. Een risicoanalyse dient daarom rekening met deze fasering te houden en beschouwt de opbouw, het gebruik en de afbouw als afzonderlijke situaties met elk hun eigen risicoprofiel. Hierbij is uitgegaan van de stellingname van de leveranciers van waterstofaggregaten, dat gedurende het evenement tussentijds wisselen uit den boze is en dat afdoende waterstof wordt geleverd voor de volledige duur van het evenement.

Tijdens de opbouwfase van een waterstofgenerator is het risico het grootst. In deze periode worden bundels of MEGC's geplaatst, aangesloten en getest, waardoor er veel handelingen plaatsvinden waarbij fouten kunnen ontstaan. Omdat verschillende partijen tegelijkertijd actief zijn is de kans op menselijke fouten relatief hoog. Ook tijdens het testen van de installatie kunnen lekkages optreden die pas zichtbaar worden nadat druk is opgebouwd. De combinatie van handelingen, drukverhoging en mogelijke ontstekingsbronnen maakt de opbouwfase tot de meest kritieke fase.

Tijdens het evenement zelf verandert het risicobeeld aanzienlijk. De installatie is dan volledig opgebouwd, afgeschermd en staat in een stabiele bedrijfssituatie zonder dat er nog aan koppelingen of leidingen wordt gewerkt. Hierdoor vallen veel potentieel risicovolle handelingen weg. Het risico wordt nu vooral bepaald door externe factoren zoals mechanische impact door voertuigen of bezoekers, of door kleine lekkages. De kans op een grote lekkage is laag, maar een aanrijding of beschadiging van leidingen kan alsnog tot een fakkel leiden. Kleine lekkages kunnen onzichtbaar branden, wat een operationeel

risico vormt, maar de effecten blijven doorgaans beperkt. Wolkvorming is in de open lucht zeldzaam. In deze fase zijn de risico's laag, mits de installatie goed is afgeschermd en er geen ongecontroleerde toegang is tot de technische zone.

Tijdens de afbouw keren veel risico's uit de opbouwfase terug, omdat de installatie opnieuw wordt gemanipuleerd. Koppelingen worden losgemaakt, leidingen worden drukloos gemaakt en bundels of containers worden verplaatst. Dit brengt risico's met zich mee zoals het vrijkomen van restdruk bij het loskoppelen, het onbedoeld openen van ventielen, lekkages door onjuiste volgorde van werkzaamheden en mechanische schade tijdens transport. Net als in de opbouwfase vormt het gebruik van niet-ATEX gereedschap een aanvullende ontstekingsbron. De afbouwfase kent daardoor opnieuw een relatief hoog risico, vergelijkbaar met de opbouwfase, zij het met een lager effectpotentieel omdat de installatie niet meer onder volledige werkdruk staat.

3.4.2. Gespecialiseerd personeel tijdens opbouw en afbouw

Tijdens de opbouw en afbouw van een waterstofgenerator bevinden zich uitsluitend gespecialiseerde en bevoegde medewerkers in de directe nabijheid van de installatie. Deze getrainde technici zijn bekend met de installaties, de risico's en de noodzakelijke veiligheidsmaatregelen. Publiek, vrijwilligers en andere evenementmedewerkers hebben geen toegang tot deze zone, zodat alleen deskundig personeel aan de installatie werkt totdat deze volledig is opgebouwd, veilig in bedrijf is gesteld of gecontroleerd is afgebouwd.

3.4.3. Duiding van risico tijdens gebruiksfase

Een wolkbrand is in de open lucht tijdens een evenement weinig waarschijnlijk. De installatie staat stil, wordt niet gemanipuleerd en waterstof mengt zich in de buitenlucht snel. Om een wolkbrand te krijgen is een uitzonderlijke combinatie van factoren nodig: een voldoende grote lekkage, beperkte ventilatie en een ontstekingsbron die precies op het juiste moment actief is. Daardoor behoort een wolkbrand tijdens de gebruiksfase tot de minst waarschijnlijke scenario's.

Het optreden van een fakkel is in vergelijking daarmee realistischer, al blijft ook dit scenario zeer onwaarschijnlijk. Een fakkel vereist een grote hogedruklekkage én een directe ontsteking. Omdat de installatie statisch is, de koppelingen niet worden aangeraakt en er fysieke afzetting bestaat tegen aanrijdingen of andere mechanische schade, zijn de kansen op een dergelijke lekkage klein.

3.4.4. Veiligheidsafstanden gebaseerd op fakkel

Op basis van bovenstaande is de suggestie om de veiligheidsafstanden met name te baseren op het mogelijk optreden van een fakkel. Voor het bepalen van de veiligheidsafstand wordt 3 kW per vierkante meter gebruikt als richtwaarde. Deze grens is algemeen aanvaard binnen de industriële veiligheidskunde. Om te bepalen hoe groot een lek moet zijn om op vijf meter afstand een warmtestraling van 3 kW/m² te veroorzaken, zijn een aantal vaste aannames gebruikt en is een gangbare rekenmethode toegepast. Het uitgangspunt is dat waterstof onder hoge druk uit een kleine opening stroomt en direct ontbrandt, waardoor een fakkel ontstaat.

Eerst is berekend hoeveel waterstof per seconde nodig is om op vijf meter afstand de genoemde warmtestraling van 3 kW/m² te bereiken. Hieruit volgt dat ongeveer 0,16 kilogram waterstof per seconde moet ontsnappen. Vervolgens is bepaald hoe groot de opening moet zijn om deze massastroom te veroorzaken. Hiervoor is een formule gebruikt die beschrijft hoe gassen onder hoge druk door een opening naar buiten stromen. Bij hogere druk is een kleinere opening voldoende omdat het gas dan met veel grotere snelheid uitstroomt. Bij lagere druk is juist een grotere opening nodig om dezelfde uitstroom te bereiken.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor drukken tussen 10 en 500 bar, zie onderstaande tabel. De resultaten laten zien dat bij lage druk een relatief grote opening nodig is om de doelwarmtestraling te halen, terwijl bij hoge druk een opening van slechts enkele millimeters al voldoende is. Dit komt doordat de uitstroomsnelheid van het gas bij hogere druk veel groter is, waardoor minder oppervlak nodig is om de benodigde massastroom te bereiken.

Tabel 1. Benodigd lekdiameter voor 3 kW/m2 op 5 meter als functie van druk.

Druk in leiding (bar)	Grootte van gat (mm)
10	18,1
25	11,4
50	8,1
100	5,8
150	4,7
200	4,0
300	3,3
400	2,9
500	2,6

Belangrijk is dat de berekende diameters de minimale opening representeren die nodig is om op vijf meter afstand nog 3 kW/m² warmtestraling te veroorzaken. In de praktijk kunnen leidingdiameters kleiner zijn dan deze waarden. In zulke gevallen stroomt er minder waterstof per seconde uit, ontstaat een kleinere fakkel en neemt de warmtestraling af. Daardoor wordt de benodigde veiligheidsafstand automatisch kleiner. De berekende waarden vormen dus een conservatieve bovengrens en gaan uit van een worst-case scenario binnen het fakkelmechanisme.

3.4.5. Preventieve en mitigerende maatregelen

Het voorkomen en beheersen van lekkages, fakkels en wolkbrand bij een waterstofinstallatie vraagt om een combinatie van preventieve en mitigerende maatregelen. Allereerst richten de preventieve maatregelen zich op het voorkomen van lekkages. Dit begint bij een goed ontwerp van de installatie, waarbij gebruik wordt gemaakt van gecertificeerde hogedrukcomponenten en materiaalsoorten die geschikt zijn voor waterstof. Het aantal koppelingen wordt zo veel mogelijk beperkt, leidingen worden beschermd tegen mechanische belasting. Tijdens de montage is het van belang dat alleen opgeleid en bevoegd personeel aansluitingen tot stand brengt, met gebruik van het juiste gereedschap en gecontroleerde aanhaalmomenten. Strikte procedures voor het wisselen van bundels of MEGC's,

duidelijke werkafzetting en goede communicatie tussen de betrokken partijen verkleinen de kans op menselijke fouten. Dit alles is een taak voor de leverancier van de technologie.

Naast preventieve maatregelen spelen detectiemaatregelen een belangrijke rol. Het snel herkennen van lekkages vermindert de kans op escalatie. Waterstofdetectie rond kritieke onderdelen, drukdalingsbewaking, automatische afsluiters en flowmonitoring helpen om afwijkingen vroegtijdig op te merken. Daarnaast blijven handmatige controles belangrijk, zoals visuele inspecties en lektesten voor ingebruikname.

Om te voorkomen dat een lekkage direct tot een fakkel of brand leidt, is het essentieel om ontstekingsbronnen uit de buurt van de installatie te houden. Dit houdt in dat binnen de afzetting rondom de installatie uitsluitend apparatuur mag worden geplaatst die geen ontstekingsbron kan vormen ATEX) en een ATEX zonering van 1 meter rondom de kritieke punten voldoet. Brandbare materialen, dan wel materialen die als ontstekingsbron kunnen fungeren en die niet direct een functie hebben bij de technologie, dienen geweerd te worden binnen de afzetting gebaseerd op de veiligheidsafstand. Alleen de noodzakelijke technische componenten van de waterstofinstallatie zelf en de beveiligings- en afsluitvoorzieningen mogen binnen deze (veiligheids)zone staan. Verder moet de zone te allen tijde vrij blijven van objecten die ventilatie belemmeren of gasophoping mogelijk maken. De uitstroomrichtingen van overdrukbeveiligingen dienen zodanig te zijn gekozen dat deze de waterstofstroom naar een veilige omgeving blaast.

Tot slot zijn er mitigerende maatregelen die de gevolgen beperken als zich toch een incident voordoet. Afzettingen en het houden van voldoende afstand tussen de installatie en het publiek verminderen het risico voor omstanders. Aanrijdbeveiliging voorkomt schade door voertuigen. Getraind personeel en duidelijke noodprocedures zorgen ervoor dat snel en adequaat kan worden gehandeld. Automatische of handmatige noodstops kunnen de toevoer van waterstof onmiddellijk onderbreken en zo de impact van een incident beperken. Samen vormen deze maatregelen een samenhangend pakket dat de kans op lekkages verkleint, dat ervoor zorgt dat lekkages snel worden opgemerkt en dat de gevolgen van eventuele brand of wolkbrand zoveel mogelijk worden beperkt.

3.5. Advisering ten aanzien van inzetten waterstofaggregaten tijdens evenementen

Rekening houdende met bovenstaande, alsmede met de huidige wet- en regelgeving, kan een situatie worden geschetst die tegemoet komt aan zowel de regelgeving als de wens van de evenementenorganisatoren om de veiligheidsafstanden niet nodeloos groot te maken. Dit is uitsluitend bedoeld als concept welke dienst doet als een compromis en daardoor wellicht niet het meest ideale concept vormt. Belangrijker is het aangeven van een zienswijze die kan helpen bij het invullen van kennisleemtes omtrent deze technologie.

Een waterstofaggregaat kan tijdens een evenement veilig worden ingezet wanneer de installatie zodanig wordt ontworpen en opgesteld dat zowel de kans op lekkages als de gevolgen daarvan minimaal zijn. Een belangrijke keuze daarbij is de vorm van opslag. Gasflessenbundels zijn relatief eenvoudig te plaatsen, maar bieden weinig bescherming tegen externe invloeden zoals hitte, aanrijding of weersbelasting. Een containerized waterstofopslag met brandwerende eigenschappen vormt een veel robuuster alternatief. In een brandwerende container staan de flessen of tanks beschermd tegen mechanische schade en externe brandbelasting, terwijl onbevoegden worden geweerd en thermische

escalatie wordt vertraagd. Dit type opslag zorgt voor zowel fysieke beveiliging als passieve brandveiligheid.

Binnen de container wordt uitsluitend elektrisch materieel toegepast dat geschikt is voor de ontstekingsgevaren van de omgeving. Daarbij wordt een ATEX-zone van 1 meter rondom de gebruikte elektrische apparatuur aangehouden, zodat het risico op ontsteking door vonkvorming of defecte componenten tot een minimum wordt beperkt. Op kritische locaties binnen de container en in de directe omgeving van leidingwerk en koppelingen wordt waterstofgasdetectie toegepast, zodat zelfs kleine lekkages vroeg worden opgemerkt en beveiligingssystemen tijdig kunnen ingrijpen. De drukontlastvoorzieningen van de tanks, worden zo geplaatst dat de uitstroomrichting optimaal is gekozen: vrij naar de boven- of buitenzijde, weg van personeel, publiek, structuren en zones waar gasophoping kan ontstaan.

De veiligheid van de opstelling wordt daarnaast verbeterd wanneer leidingen die buiten de container zichtbaar of bereikbaar zijn uitsluitend lage druk voeren. Hoe lager de druk buiten de beschermde container, hoe kleiner de massastroom bij een mogelijke lekkage en hoe geringer de warmtestraling bij ontsteking. Hoge druk moet daarom zoveel mogelijk beperkt blijven tot de container zelf, waar de omgeving gecontroleerd is en waar de constructie bescherming biedt. Om dit te bereiken is het wenselijk de drukreduceerventielen binnen in de container te plaatsen, zodat de eerste drukreductie in een veilige omgeving plaatsvindt en de leidingen buiten de container automatisch laagdrukleidingen worden. Hierdoor worden de gevolgen van eventuele lekkages sterk teruggebracht.

De fysieke locatie en ruimtelijke opstelling van het aggregaat dragen eveneens in belangrijke mate bij aan de veiligheid. Obstakels die ventilatie belemmeren of voor beschutting zorgen rond de installatie moeten worden vermeden. Aanrijdbeveiliging door middel van betonblokken of barrières is noodzakelijk om mechanische schade te voorkomen.

3.6. Handelingsperspectief

Een belangrijk aspect is het mogelijk handelingsperspectief in geval van een calamiteit. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een kleine lekkage in een leiding, een grote(re) lekkage in de leiding, een lekkage op cilinderbundel en een lekkage van een (composiet)tank. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de genoemde calamiteiten eerder zullen optreden tijdens de op- en afbouw van de opstelling en beduidend minder tijdens de gebruiksfase, zoals ook eerder benoemd.

Bij een kleine lekkage in een leiding ontstaat doorgaans slechts een beperkte uitstroom van waterstof, die in open lucht snel wordt verdund. Dit geeft in de meeste gevallen enige tijd om te handelen, vooral wanneer er nog geen ontsteking is. Het beschikbare tijdsvenster varieert meestal van enkele seconden tot maximaal een tot twee minuten, afhankelijk van de mate van ventilatie en de aanwezigheid van ontstekingsbronnen. In deze periode kan personeel een noodstop op afstand bedienen en de directe omgeving ontruimen. Wanneer de lekkage al een kleine, vaak nauwelijks zichtbare vlam produceert, moet de omgeving direct worden verlaten en mag de installatie alleen van buiten de gevarenzone worden uitgeschakeld.

Bij grotere lekkages is de uitstroom van waterstof aanzienlijk en de kans op directe ontsteking is aanwezig. De tijd om te handelen is dan zeer beperkt. Indien er nog geen ontsteking is opgetreden, kan in de eerste enkele seconden een noodstop worden bediend, maar daarna neemt het risico op een fakkel toe. Zodra een fakkel ontstaat, is er geen handelingsruimte meer binnen de gevarenzone en

moet iedereen onmiddellijk afstand nemen. Handelingen worden uitsluitend op afstand uitgevoerd, waarbij menselijke tussenkomst nabij de lekkage volledig is uitgesloten.

Een lekkage op een cilinder of cilinderbundel vormt een nog sneller escalerend scenario, omdat de lekkage zich direct bij de bron van de hoogste druk bevindt. Zonder ontsteking kan een operator een noodstop activeren en het gebied verlaten. Zodra er sprake is van een ontsteking of zodra de lekkage krachtig genoeg is om een fakkel te vormen, is er geen tijd meer om in de nabijheid te blijven en dient de zone onmiddellijk te worden ontruimd.

Een lekkage op een composiettank heeft een ander verloop. Omdat composiettanks ontworpen zijn om gecontroleerd af te blazen via drukontlastsystemen, is er doorgaans meer tijd om te handelen, afhankelijk van de omvang van de lekkage en de nabijheid van ontstekingsbronnen. Als er geen ontsteking is, kan men een noodstop activeren en de omgeving ontruimen. Wanneer er wel een ontsteking optreedt, maakt warmtestraling het onmogelijk om de tank te benaderen en kunnen handelingen alleen op afstand plaatsvinden. Het is daarbij niet veilig om bluspogingen te doen op de tank zelf. Pas na volledige drukafbouw en bevestiging dat de uitstroom gestopt is, mag deskundig personeel de tank benaderen.

) CONCEPT (

4. Praktijkvoorbeeld DGTL

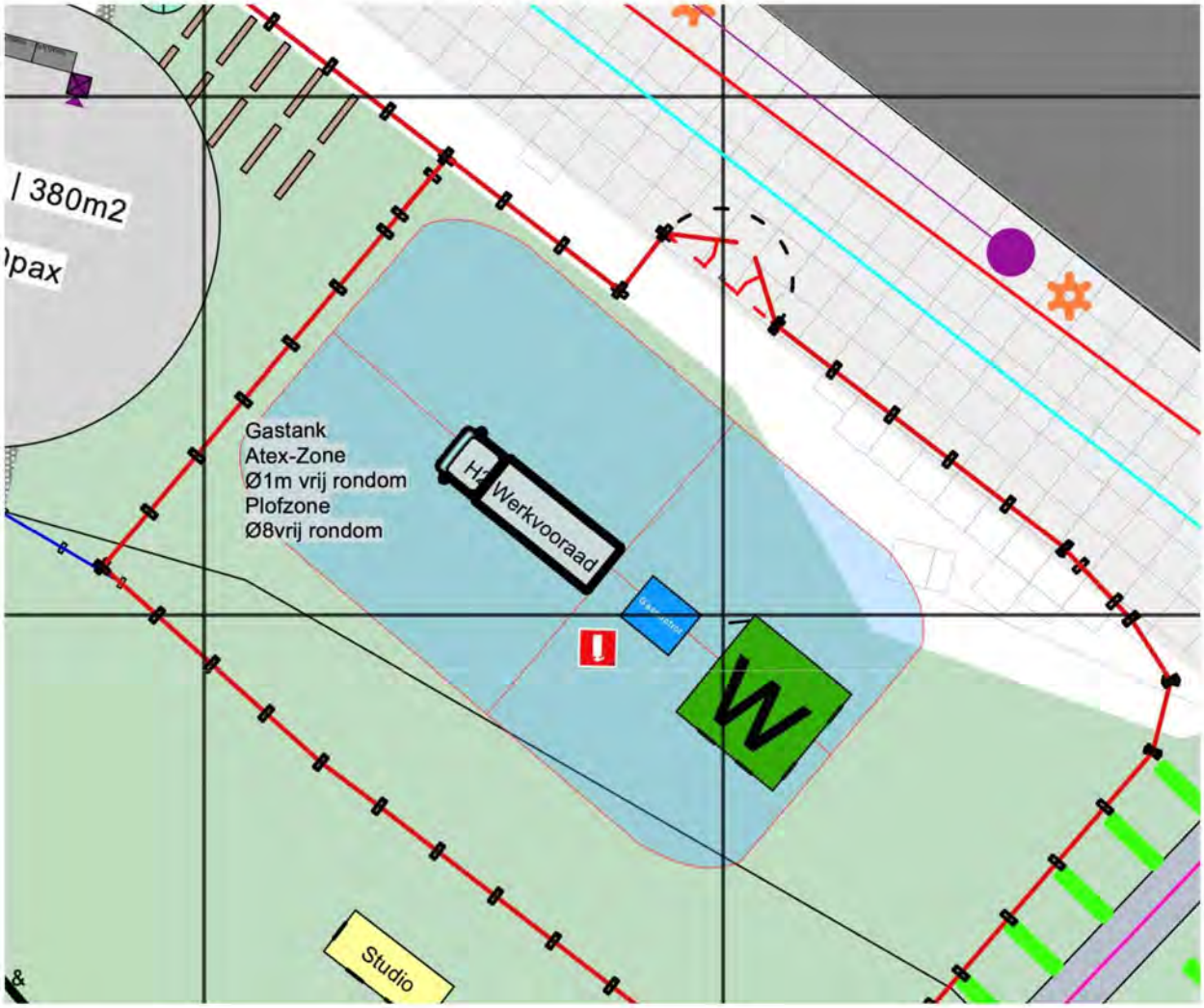
Op basis van een recente vergunningsaanvraag (december 2025) is bovenstaande informatie gebruikt om de door DGTL aangeleverde documenten te controleren.

Zonder verdere inhoudelijke informatie uit de aangeleverde documenten op te nemen in dit document, zijn aangeleverd:

1) Een handleiding van de gebruikte apparatuur
2) Een plattegrond
3) Een veiligheidsplan / veiligheidsanalyse
4) Een Explosieveiligheidsdocument (EVD)

Verder is mondelinge informatie gegeven over de draft vergunningsaanvraag door DGTL.

De plattegrond is hieronder weergegeven.



4.1. Validatie stappenplan wetgeving

De documenten en aangeleverde informatie zijn gecontroleerd op het volgen van het stappenplan (zie ook paragraaf 3.2) aangaande wetgeving:

Stap	Actie	Opmerking
A	Activiteit volledig beschrijven	Vermeld in documenten leverancier
B	Vaststellen dat de activiteit onder het Bal valt	Vastgesteld door DGTL en in contact met bevoegd gezag
C	Check meldplicht	Uitgevoerd door DGTL
D	Check vergunningplicht	Uitgevoerd door DGTL
E	Overleg met bevoegd gezag	Uitgevoerd door DGTL
F	Technische documentatie aanleveren	Deels aanwezig in documentatie leverancier
G	Locatie en opstelling onderbouwen	Uitgevoerd door DGTL
H	Toelichten van veiligheidsmaatregelen (zorgplichtinvulling)	Genoemd door leverancier op aanbevolen 'Twee-persoonscontrole bij aansluiten van bundels toepassen' na.
I	Operationele procedures aanleveren	Genoemd door leverancier op 'afbouw procedure' na.
J	Handelingsperspectief incidenten	Aanwezig in documentatie DGTL
K	Melding doen indien lokaal verplicht	Uitgevoerd door DGTL
L	Laatste controles voorafgaand aan het evenement	Aanwezig in documentatie leverancier

Op basis van de aangeleverde documenten is het stappenplan goeddeels doorlopen volgens de afvinklijst. Het kan zijn dan bepaalde informatie wel voorhanden was, maar niet in bezit van TNO op het moment van analyse.

4.2. Validatie stappenplan betrekken bevoegd gezag

Het stappenplan voor het bepalen van het bevoegd gezag is volledig doorlopen door DGTL (zie ook paragraaf 3.3).

4.3. Validatie stappenplan aanleveren documentatie

De verschillende type documenten zijn naast die van het stappenplan documentatie (zie ook paragraaf 3.4) gelegd:

Stap	Actie	Opmerking
A	Basisinformatie over de activiteit	Aangeleverd
B	Technische documentatie van het aggregaat	Aangeleverd
C	Informatie over waterstofvoorziening	Aangeleverd
D	Veiligheidsmaatregelen en risicobeheersing	Aangeleverd op 'gasdetectie' en 'luwtezones' na
E	Locatie- en situatietekeningen	Aangeleverd
F	Operationele documenten	Aangeleverd op 'op- en afbouwprocedures' na
G	Nood- en incidentdocumenten	Aangeleverd
H	Juridische en bestuurlijke documenten	Uitgevoerd door DGTL

Ook hier geldt dat bepaalde informatie wel voorhanden was, maar niet in bezit van TNO op het moment van analyse.

4.4. Vaststellen van veiligheidsafstand (externe veiligheid)

In de vergunningsaanvraag is een veiligheidsafstand genomen van 8 meter. Uitgaande van het feit dat een mogelijke fakkel het dominante risico-effect is van een waterstofgenerator, kan op basis van de methodiek zoals die gebruikt is bij Tabel 1, worden vastgesteld wat de veiligheidsafstand dient te zijn.

Voor de aggregaat gelden de volgende parameters:

1) Interne diameter pijpleiding 6 mm
2) Het gasreduceerventiel staat in de directe nabijheid van de tank.
3) De tank heeft een druk van 300 bar.
4) Leiding lopende van ventiel naar de generator zelf heeft een druk van 35 bar.
5) Een warmtestralingscriterium van 3 kW/m2.
6) Uitgaande van een container met daarin de waterstoftanks.

Een verticale fakkel is realistischer dan een horizontale in deze configuratie. Gebaseerd op bovenstaande informatie dient dan een veiligheidsafstand van 7.2 meter aangehouden te worden. Dit komt goed overeen met de afstand van 8 meter die DGTL gaat aanhouden tijdens het evenement.

Indien het gasreduceerventiel in de container was geplaatst, dan had een leiding van de container naar de aggregaat zichtbaar geweest, welke opereert op een druk van 35 bar. Daarmee zou de veiligheidsafstand kleiner kunnen zijn dan 7 – 8 meter, indien het fakkelscenario als dominant wordt aangenomen.

4.5. Conclusies

De stappenplannen zoals deze doorlopen zijn door DGTL / leverancier van technologie, komen nagenoeg volledig overeen met hetgeen gevraagd wordt voor het indienen van een vergunningsaanvraag.

Voor het bepalen van de veiligheidsafstand is het van belang om de meest risicovolle activiteiten (opbouw en afbouw), los te zien van de gebruiksfase. Bij het opbouwen en afbouwen zijn de risico's anders dan bij de gebruiksfase. Tijdens de op- en afbouwfase zal de veiligheidsafstand groter zijn, wetende dat alleen specifiek opgeleide mensen in de buurt zullen zijn van de aggregaat. Tijdens de gebruiksfase zijn er (veel) meer mensen aanwezig, zijnde het publiek, en is het risicoprofiel anders. Het is aan te bevelen om het risicoprofiel van de gebruiksfase niet gelijk te stellen aan het profiel tijdens op- en afbouw. Indien het risicoprofiel wordt gebaseerd op een fakkel als dominant risico, dan is een veiligheidsafstand van 7- 8 meter afdoende.

5. Referenties

1. Nieuwe NTA in ontwikkeling voor inzet waterstofaggregaten. Geraadpleegd op 18 augustus 2025.
2. Ekinetix, *Basisleidraad vergunningsprocedure waterstofgeneratoren*, Provincie Zuid-Holland & The Green Village, 2025. https://www.thegreenvillage.org/leidraad-vergunningen-waterstofgeneratoren. Geraadpleegd op 18 augustus 2025.
3. 5.1, 2, e (2024). *Algemeen handboek voor veilige waterstof-aangedreven bouwplaatsen*, Ohpen Ingenieurs. Versie V1.0.
4. 5.1, 2, e ,5.1, 2, e (2025), Handreiking veilige leefomgeving: waterstofaggregaten. WP2 Risicobeheersing en incidentbestrijding.
5. PGS-programma. (2021). *PGS 35: Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen – Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen, versie 1.0*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
6. 5.1, 2, e ,5.1, 2, e en 5.1, 2, e (2025). *Bouwen op waterstof. Algemeen handboek. Voor veilige waterstof-aangedreven bouwplaatsen, versie 1.0*. Grijpskerk.
7. 5.1, 2, e 5.1, 2, e. (2024). *Waterstof op de bouwplaats: Vergunnings- en zorgplichten voor gebruik waterstof op de bouwplaats*. Groningen.

) CONCEPT (

Appendix A: Relevante referentiedocumenten

Basis voor leidraad vergunningsprocedure waterstofgeneratoren

Samenvatting

Het document "Basis voor leidraad vergunningsprocedure waterstofgeneratoren" [2] vormt een basisleidraad voor het vergunningsproces van waterstofgeneratoren bij bouwplaatsen en evenementen en heeft als hoofddoel het creëren van uniformiteit, voorspelbaarheid en hogere veiligheid in een snelgroeiende maar nog onvolwassen markt. De leidraad beoogt op korte termijn een werkbaar toetsingskader te bieden dat kan dienen als opstap naar de NTA en uiteindelijk een formele norm.

Er wordt in het document geschetst dat de toepassing van waterstofgeneratoren nieuw is voor zowel initiatiefnemers als bevoegde gezagen, wat leidt tot onbekendheid, uiteenlopende interpretaties van regels en daardoor langere doorlooptijden, hogere kosten en soms onveilige situaties. Hierdoor ontbreekt een landelijk toetsingskader, waardoor gemeenten zelf beoordelen of veiligheidsrisico's voldoende zijn afgedekt.

De technische beschrijving van waterstofgeneratoren behandelt onderdelen als waterstofopslag, drukreduceerstation en het aggregaat zelf, inclusief verschillende opslagvormen (flessenpakketten, tubetrailers, containers, composietflessen) en hun toepassingsgebieden. Vervolgens wordt het relevante wettelijke kader uiteengezet, met de Omgevingswet als basis en verwijzingen naar PGS-richtlijnen, Europese veiligheidsnormen, ATEX-eisen en specifieke bepalingen voor brandstofcellen en batterijsystemen.

Het document legt uit wanneer meld-, informatie- of vergunningsplicht geldt, afhankelijk van opslaghoeveelheid, type opstelling en relatie tot milieubelastende activiteiten, en benoemt hiaten zoals situaties zonder meld- of informatieplicht, onduidelijkheden rond de definitie van werkvoorraad, en het ontbreken van specifieke voorschriften voor tijdelijke toepassingen. In de vergelijking tussen bouwplaatsen en evenementen blijkt dat de technische opstelling vaak vergelijkbaar is, maar de omgevingsfactoren sterk verschillen: evenementen brengen grotere publieksrisico's met zich mee, terwijl bouwplaatsen meer te maken hebben met logistieke risico's en langdurige inzet.

Checklist

In het document is er een voorzet gegeven voor een basischecklist voor de toestemmingsprocedure van waterstofgeneratoren [2]. Deze checklist behelst de volgende onderdelen:

1. Beschrijving van de installatieonderdelen – overzicht en functie van alle componenten, zoals opslag, brandstofcel, generator, koelsysteem en bedieningspanelen.
2. Technische specificaties – afmetingen, gewicht, materialen, capaciteit en prestaties per onderdeel.
3. Handleiding voor gebruikers (uitgebreid en beknopt) – installatie, bediening, onderhoud, veiligheidsinstructies; korte versie voor gebruik op locatie.
4. Benodigde utilities – type aansluiting en vermogensopgave voor elektriciteit, water en gas.
5. Aanzichtstekeningen – boven- en zijaanzichten op schaal, met plaatsing van alle componenten.
6. Interne veiligheidsafstanden – minimale afstanden tussen componenten en naar personeel of kwetsbare delen.

7. ATEX-zonering – tekeningen met zones waar explosiegevaar kan optreden, inclusief toegangsbeperkingen.
8. HAZOP-veiligheidsstudie – analyse van gevaren en bedieningsproblemen, inclusief mitigerende maatregelen.
9. Review PGS 35 en motivatie of mitigerende maatregelen – beoordeling conformiteit met PGS 35 of motivatie van afwijkingen.
10. Aardingsplan – locaties en specificaties van aardingspunten en -systemen.
11. Noodplan – evacuatieprocedures, noodcontacten en maatregelen bij incidenten.
12. Veiligheidsinstructie – specifieke werk- en onderhoudsprocedures (anders dan VGM).
13. Verbruiksinschatting – hoeveelheid waterstof (kg/tijd) en elektriciteitsproductie (kWh).
14. Emissieoverzicht – geluidsniveaus, warmteafgifte en water(damp) tijdens normaal gebruik.
15. Externe risicoanalyse (QRA) – kwantitatieve risicoanalyse met risicocontouren en groepsrisico.
16. Logistiek plan voor levering – leverfrequentie, aanrijdroutes en ADR-conform transport.

Veiligheidsafstanden

Concreet voor de organisator is de veiligheidsafstand van belang en de maatregelen die hiervoor genomen dienen te worden. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen de situaties waarbij het waterstof wordt opgeslagen en de situaties waarbij het waterstof geldt als werkvoorraad. Voor een (kortdurend) evenement is deze laatste situatie de meest relevante. In "basis voor leidraad vergunningsprocedure waterstofgeneratoren" [2] wordt vermeld dat het zogenaamde 'Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)', onderdeel van de omgevingswet, een expliciet onderscheid maakt tussen deze twee situaties, zijnde dat wanneer er sprake is van een werkvoorraad, het Bal niet van toepassing is. In dat geval gelden er geen vastgelegde veiligheidsafstanden uit het Bal of de PGS-15. In deze situatie is de zorgplicht van het omgevingsplan het uitgangspunt, waardoor afstanden moeten worden bepaald op basis van een locatie-specifieke risicoafweging en, waar nodig, maatwerkvoorschriften van het bevoegd gezag. Omdat formele afstandsnormen ontbreken, moet het bevoegd gezag zelf beoordelen welke afstand passend is op basis van de omstandigheden ter plaatse, de aard van de opstelling en de mogelijke gevolgen van incidenten.

In dit kader wordt ook de QRA (Quantitative Risk Assessment) genoemd. De leidraad [2] benoemt dat bij situaties waarin het Bal niet geldt, geen QRA wordt uitgevoerd, terwijl er wel aanzienlijke hoeveelheden waterstof aanwezig kunnen zijn. Het ontbreken van een QRA wordt in het document aangewezen als een belangrijk hiaat in de huidige regelgeving, omdat dit kan leiden tot onvoldoende beoordeelde veiligheidsrisico's.

Algemeen handboek voor veilige waterstof-aangedreven bouwplaatsen

Samenvatting

Het handboek [3] is opgesteld als praktische werkinstructie voor bouwplaatsen waar waterstofaggregaten worden toegepast. Het richt zich op aannemers, uitvoerders, bouwplaatsmedewerkers, veiligheidskundigen en installatieverantwoordelijken, en beschrijft hoe veilig met waterstof kan worden gewerkt in de dagelijkse praktijk. Het document is bedoeld om gebruikers te ondersteunen bij het herkennen van risico's, het correct opstellen en bedienen van waterstofinstallaties, en het toepassen van veilige werkprocessen. Het is geen vergunningendocument en richt zich niet op bevoegd gezag of juridische toetsing.

Het handboek beschrijft de belangrijkste eigenschappen van waterstof, zoals de zeer lage dichtheid, het brede ontvlambaarheidsbereik, de hoge diffusiesnelheid en het feit dat waterstofvlammen nauwelijks

zichtbaar zijn. Deze eigenschappen vormen de basis voor risico's zoals lekkage, vlamvorming en explosies. In het document worden de belangrijkste onderdelen van een waterstofsysteem toegelicht: opslagcilinders of bundels, hogedrukleidingen, koppelingen, drukreduceersystemen en het brandstofcel- of generatorgedeelte, aangevuld met ventilatievoorzieningen, elektrische apparatuur en sensoren.

De kern van het handboek bestaat uit praktische veiligheidsmaatregelen, waaronder het kiezen van een veilige opstellingslocatie in de buitenlucht, het vermijden van ontstekingsbronnen, het regelmatig inspecteren van koppelingen en slangen, en het strikt volgen van procedures voor aansluiten, bedienen en afbouwen. Een belangrijk deel van de tekst richt zich op de rol van organisatie en menselijk handelen: medewerkers moeten worden geïnstrueerd, verantwoordelijkheden moeten duidelijk zijn, en toezicht op veilig gedrag is noodzakelijk. Verder gaat het handboek in op herkennen en afhandelen van incidenten zoals lekkages, drukverlies of storingen, en hoe deze veilig moeten worden gemeld en opgelost.

Checklist

1. Controleren of alle onderdelen van de installatie voldoen aan relevante normen en keurmerken.
2. Nagaan of de installatie is geïnspecteerd en goedgekeurd door een bevoegde partij.
3. Controleren of de opstellingslocatie in open lucht ligt en voldoende geventileerd is.
4. Vaststellen dat de installatie niet in een luwte of afgesloten ruimte wordt geplaatst.
5. Bepalen of de installatie voldoende ruimte heeft voor bediening, inspectie en veilige toegang.
6. Inspecteren of alle cilinders of bundels stabiel en omvalbestendig zijn opgesteld.
7. Nakijken of slangen, koppelingen en leidingen vrij zijn van schade of slijtage.
8. Verbindingen controleren op lekdichtheid met een geschikte detectiemethode.
9. Aansluiten van drukhouders en leidingen volgens voorgeschreven procedure.
10. Voorkomen dat open vuur, roken of andere ontstekingsbronnen in de buurt aanwezig zijn.
11. Ervoor zorgen dat slijpwerk, laswerk of andere hete werkzaamheden uit de buurt worden gehouden.
12. Toezien dat alleen bevoegd en geïnstrueerd personeel de installatie bedient.
13. Continu toezicht houden op het functioneren van de installatie tijdens bedrijf.
14. Regelmatig controleren op afwijkingen zoals geluid, geur, drukval of storingsmeldingen.
15. Direct ingrijpen en stilzetten van de installatie bij vermoedelijke lekkage of storing.
16. Het gebied vrijmaken en beveiligen bij een incident of afwijking.
17. Incidenten melden volgens het geldende incidentprotocol.
18. De installatie na gebruik drukloos maken en veilig loskoppelen.
19. Slangen en koppelingen volgens instructie ontluchten en veilig verwijderen.
20. Cilinders correct afsluiten, voorzien van doppen en veilig afvoeren of opslaan.
21. Documenteren van onderhoud, inspecties en storingen.
22. Regelmatig herhalen van werkplekinstructies met personeel.
23. Aanwijzen van een installatieverantwoordelijke voor toezicht en veiligheid.
24. Controleren dat de werkomgeving ordelijk blijft en vrij van obstakels.
25. Gebruik van de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen volgens instructie.

Veiligheidsafstanden

Het handboek [3] geeft geen vaste of normatieve veiligheidsafstanden in meters voor de opstelling van waterstofinstallaties. In plaats daarvan wordt uitgelegd dat de installatie altijd in de open lucht moet worden opgesteld, omdat waterstof zich bij lekkage kan ophopen in slecht geventileerde ruimtes of luwtezones. Hierdoor is het noodzakelijk dat er rondom de installatie voldoende vrije ruimte aanwezig is

om een voortdurende luchtstroom mogelijk te maken. De opstellingsplaats moet zodanig worden gekozen dat ventilatie niet wordt belemmerd door muren, containers, voertuigen of andere obstakels.

Daarnaast maakt het handboek [3] duidelijk dat er afstand moet worden gehouden tot mogelijke ontstekingsbronnen. Dit omvat roken, open vuur, warm werk zoals lassen en slijpen, en elektrische apparatuur die vonken kan veroorzaken. Het document adviseert om deze activiteiten ruim buiten de directe omgeving van de waterstofinstallatie te houden, hoewel geen exacte afstand wordt benoemd. Ook moet worden voorkomen dat verkeer of materieel tegen de installatie kan botsen, waardoor in de praktijk afstand tot rijroutes en het aanbrengen van aanrijdbeveiliging noodzakelijk is.

Handreiking veilige leefomgeving: waterstofaggregaten

Samenvatting

Het document "Handreiking veilige leefomgeving: waterstofaggregaten" [4] ondersteunt initiatiefnemers, bevoegde gezagen, veiligheidsregio's en andere betrokken partijen bij het veilig toepassen van waterstofaggregaten in de gebouwde omgeving. Waterstofaggregaten worden steeds vaker ingezet op locaties zonder netaansluiting, zoals bouwplaatsen en evenementen. De handreiking geeft uitleg over de relevante wet- en regelgeving, waaronder de Omgevingswet, het Bal, de PGS 15 en ADR-regels voor transport, en verduidelijkt wanneer drukhouders wel of niet als opslag worden aangemerkt. Daarbij wordt benadrukt dat aangesloten en geopende drukhouders en werkvoorraden niet onder opslagregels vallen, wat gevolgen heeft voor de toe te passen veiligheidsafstanden.

De handreiking beschrijft de kenmerken en risico's van waterstof, zoals de hoge ontvlambaarheid, mogelijke brandscenario's, gevaren van drukhouders en de effecten van lekkage, brand en explosies. Ook wordt ingegaan op verschillende typen waterstofopslag, waaronder cilinderbundels en tubetrailers, en de bijbehorende risicoscenario's. ATEX-zonering komt aan bod als hulpmiddel bij het beheersen van ontstekingsrisico's, maar wordt duidelijk onderscheiden van effectafstanden voor brand of overdruk.

Daarnaast geeft het document maatregelen voor risicobeheersing, zowel om de kans op incidenten te beperken als om de effecten te minimaliseren. Voorbeelden zijn ventilatie, detectie, afscherming, aanrijdbeveiliging en organisatorische maatregelen zoals training, toezicht en duidelijke taakverdeling. Ook beschrijft de handreiking incidentscenario's en passende maatregelen bij lekkage, brand en drukhouderfalen. Het document biedt overzicht en duiding, maar is niet bedoeld als norm of toetsingskader voor vergunningverlening; het geeft vooral inzicht in relevante risico's, regelgeving en beheersopties rondom het gebruik van waterstofaggregaten.

Checklist

1. Controleren of de toepassing onder opslag valt of dat sprake is van aangesloten drukhouders of werkvoorraad.
2. Toepassen van ATEX-zonering rondom aggregaat en drukhouders wanneer er kans is op vrijkomen van waterstof.
3. Toepassen van kansbeperkende maatregelen, zoals technische integriteit, inspecties, detectie en beperking van ontstekingsbronnen.
4. Toepassen van effectbeperkende maatregelen, zoals aanrijdbeveiliging, brandwerende voorzieningen en veilige opstellingslocaties.
5. Vaststellen of aan voorschriften voor gasflessenopslag moet worden voldaan wanneer sprake is van niet-aangesloten drukhouders of voorraad.
6. Controleren of transport van waterstof voldoet aan de ADR-eisen.

7. Toetsen of regelgeving van toepassing is wanneer gasflessen in grotere hoeveelheden worden opgeslagen.
8. Controleren of de afstand tot kwetsbare en zeer kwetsbare objecten voldoet aan wettelijke en veiligheidskundige eisen indien opslag van toepassing is.
9. Opstellen en borgen van procedures voor incidenten zoals lekkage, brand en drukhouderfalen.
10. Borgen van organisatorische maatregelen zoals training, toezicht en duidelijke taakverdeling.

Veiligheidsafstanden

De handreiking [4] legt uit dat de veiligheidsafstanden sterk afhangen van de vraag of drukhouders worden gezien als opslag of als onderdeel van het proces. Drukhouders die zijn aangesloten op het waterstofaggregaat en geopend zijn, worden niet aangemerkt als opslag. In dat geval gelden de afstanden uit PGS 15 en het Bal niet voor de aangesloten drukhouders. Voor werkvoorraden geldt eveneens dat deze niet worden beschouwd als opslag, waardoor formele opslagafstanden niet van toepassing zijn.

Wanneer sprake is van opslag van gasflessen (dus niet aangesloten en niet geopend), gelden de externe veiligheidsregels uit PGS 15 en het Bal. In die context stelt PGS 15 een afstand van vijftien meter tussen buiten opgeslagen gasflessen en gebouwen, brandbare objecten en de terreingrens. Deze afstand is gebaseerd op een warmtestraling van 10 kW/m² en geldt niet voor open aangesloten drukhouders. Het bevoegd gezag kan deze afstand desalniettemin als richtlijn hanteren op basis van de zorgplicht, bijvoorbeeld in situaties met publiek of beperkte ruimte.

Het Bal geeft dezelfde vijftienmeterafstand voor opslag van brandbare gassen in gasflessen, met de mogelijkheid om deze te verkleinen naar 7,5 meter bij aanwezigheid van een brandwerende scheiding. Als de afstand tot gevoelige functies korter is dan vijftien meter, of korter dan een berekende effectafstand volgens NEN 6068, zijn aanvullende maatregelen nodig. Wanneer de opslagregels niet van toepassing zijn, bijvoorbeeld bij werkvoorraad of aangesloten cilinders, kan worden aangesloten bij NPR 8090, waarin een minimale interne afstand van één meter wordt genoemd tussen een waterstofaggregaat en de waterstofvoorziening.

PGS 35

Samenvatting

De PGS 35, Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen [5] is de Nederlandse richtlijn voor het ontwerp, de bouw, exploitatie en het onderhoud van installaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen, werktuigen en andere mobiele toepassingen. De richtlijn geldt voor zowel vaste waterstoftankstations als voor mobiele afleverinstallaties, waaronder installaties die waterstof opslaan en afleveren met behulp van cilinderbundels, trailers of andere mobiele opslageenheden. PGS 35 behandelt de gehele keten van waterstofaflevering, waaronder opslag van gasvormige en vloeibare waterstof, compressie, buffering, koeling, leidingwerk, dispensers, beveiligingsvoorzieningen en ondersteunende systemen.

Het document beschrijft ontwerpcriteria en veiligheidseisen voor drukapparatuur, materialen, appendages, leidingsystemen en elektrische installaties, inclusief de eisen die voortkomen uit Europese

regelgeving zoals de PED en ATEX-richtlijnen. Daarnaast wordt uitgebreid ingegaan op mogelijke faalscenario's zoals lekkage, waterstofwolken, fakkels, wolkbranden, BLEVE-achtige verschijnselen bij cryogene opslagtanks en mechanisch falen van drukvaten. Deze scenario's vormen de basis voor de eisen aan beveiligingen, detectie, afblaasvoorzieningen, afsluiters, ventilatie en procesbeheersing.

PGS 35 bevat een risicogerichte benadering voor het bepalen van passende maatregelen. Hierbij worden effectafstanden, brandscenario's, ontstekingsrisico's en overdrukscenario's gekoppeld aan ontwerpregels, plaatsingseisen en technische voorzieningen. De richtlijn geeft ook procedurele eisen voor inspecties, beproevingen, onderhoud, inbedrijfstelling en beheer van de installatie. Daarnaast bevat het document verwijzingen naar relevante normen en aanvullende PGS-documenten waar die van toepassing kunnen zijn. PGS 35 is daarmee een technisch-veiligheidskundige leidraad voor partijen die waterstof willen afleveren aan mobiele toepassingen.

Checklist

1. Controleren of de installatie valt binnen het toepassingsgebied van PGS 35, namelijk het afleveren van waterstof aan voertuigen of werktuigen.
2. Vaststellen dat opslagvoorzieningen zoals cilinders, bundels of tanks voldoen aan de eisen voor drukapparatuur en geschikt zijn voor waterstof.
3. Toepassen van correct ontworpen en beveiligde compressoren, buffervaten en dispensers volgens de PGS 35-voorschriften.
4. Gebruikmaken van leidingwerk, appendages en materialen die aantoonbaar geschikt zijn voor waterstof en voldoen aan de relevante normen.
5. Aanbrengen van adequate vent- en afblaasvoorzieningen, waaronder drukontlastkleppen of breekplaten en correct geplaatste blow-off-leidingen.
6. Bepalen van ATEX-zones rondom onderdelen waar waterstof kan vrijkomen.
7. Toepassen van explosieveilige elektrische apparatuur binnen zones waar waterstof kan accumuleren.
8. Voorkomen dat ontstekingsbronnen aanwezig zijn in zones met verhoogd explosierisico.
9. Aanbrengen van waterstofdetectie op locaties waar ophoping van gas mogelijk is.
10. Zorgen voor voldoende ventilatie rondom alle installatieonderdelen.
11. Installeren van afsluitvoorzieningen, noodstoppen en automatische beveiligingen conform de richtlijn.
12. Toepassen van beveiligingen tegen overdruk door middel van veiligheidskleppen of andere passende voorzieningen.
13. Aanbrengen van bescherming tegen mechanische beschadiging en aanrijdgevaar.
14. Positioneren van afblaasopeningen en vent stacks op een zodanige wijze dat afblazen veilig naar de omgeving kan plaatsvinden.
15. Uitvoeren van inspecties, beproevingen en onderhoud volgens de eisen uit PGS 35 en de relevante normen.
16. Vastleggen van procedures voor inbedrijfstelling, bedrijfsvoering, onderhoud en storingafhandeling.
17. Opstellen en gebruiken van scenarioanalyses voor lekkage, brand of explosies en het treffen van bijbehorende risicobeheersmaatregelen.
18. Zorgen dat personeel voldoende is opgeleid, bevoegd en geïnstrueerd voor het werken met de installatie.
19. Registreren en documenteren van inspecties, onderhoudswerkzaamheden en wijzigingen aan de installatie.

20. Plaatsen van de installatie volgens de PGS 35-plaatsingsregels, met voldoende ventilatie, veilige vluchtroutes en goede bereikbaarheid voor hulpdiensten.
21. Aanbrengen van fysieke afscherming waar risico bestaat op aanrijding of externe impact.
22. Controleren of de opstelplaats geschikt is voor veilig functioneren, zonder luwtezones of mogelijkheden voor gasophoping.

Veiligheidsafstanden

De PGS 35 [5] beschrijft geen uniforme of generieke vaste veiligheidsafstanden die voor alle waterstofafleverinstallaties gelden. In plaats daarvan hanteert de richtlijn een risicogerichte benadering, waarin veiligheidsafstanden worden afgeleid uit de effectafstanden van relevante scenario's. Deze scenario's omvatten onder meer lekkages, fakkels, wolkbrand, gaswolkexplosies en, voor vloeibare waterstof, cryogene verschijnselen en mogelijke tankfalen. De veiligheidsafstanden worden vastgesteld door te bepalen welke afstand nodig is om personen en objecten te beschermen tegen warmtestraling, drukgolven en secundaire effecten. Daarbij wordt expliciet onderscheid gemaakt tussen interne afstanden binnen de installatie en externe afstanden naar de omgeving.

Voor interne veiligheidsafstanden geeft PGS 35 plaatsingsregels voor componenten zoals compressoren, buffervaten, dispensers en opslagvoorzieningen. De opstelling moet zodanig zijn dat ventilatie gewaarborgd is, dat waterstof niet kan accumuleren en dat afblaasleidingen en vent stacks veilig kunnen functioneren. Veiligheidsvoorzieningen moeten zodanig worden geplaatst dat uitslaande vlammen of drukontlasting geen andere onderdelen van de installatie kunnen raken. Afstanden worden daarom gebaseerd op de richting van mogelijke afblaasstromen, de ruimte voor inspectie en onderhoud en de noodzaak om vluchtroutes vrij te houden.

Voor externe veiligheidsafstanden gelden de effectafstanden die voortkomen uit de relevante scenario's. PGS 35 geeft hiervoor ontwerpcriteria, maar geen standaardafstand zoals de vijftien meter uit PGS 15 of het Bal. Het bepalen van veilige afstanden geschiedt door middel van beoordeling van scenario's en bijbehorende modellering of tabelwaarden die in de richtlijn zijn opgenomen. De te hanteren afstand moet waarborgen dat kwetsbare objecten, publiek en omliggende functies voldoende beschermd zijn tegen de effecten van een incident. Afstanden kunnen daarbij worden beïnvloed door de aard van de opslag, de hoeveelheid waterstof, de procesdruk, de configuratie van de installatie en de aanwezigheid van fysieke barrières of afscherming.

Tot slot benadrukt PGS 35 dat veiligheidsafstanden onderdeel zijn van een breder pakket aan risicobeheersmaatregelen. Afscherming, ventilatie, detectie, aanrijdbeveiliging en organisatorische maatregelen spelen allemaal een rol bij het bepalen van de uiteindelijke afstand die in een specifieke situatie nodig is. De richtlijn maakt duidelijk dat een uniforme afstand niet past bij de diversiteit van waterstofinstallaties en dat de afstand altijd onderbouwd moet zijn vanuit de specifieke risico's van de installatie.

Bouwen op waterstof – algemeen handboek

Samenvatting

Het Handboek Bouwen op Waterstof [6] is opgesteld om bouwplaatsen te ondersteunen bij het veilig en verantwoord toepassen van gasvormige waterstof als tijdelijke energiebron, voornamelijk via waterstof-brandstofcelaggregaten. Het document richt zich op aannemers, leveranciers, transporteurs, veiligheidskundigen en opdrachtgevers en beschrijft hoe waterstof veilig kan worden ingezet in situaties

waar nog weinig specifieke wet- en regelgeving bestaat. De nadruk ligt op praktische bruikbaarheid en het creëren van een uniform werkproces op de bouwplaats.

Het handboek bespreekt de eigenschappen van waterstof en de bijbehorende risico's, zoals brandbaarheid, snelle verspreiding, onzichtbare vlammen en de gevolgen van lekkage. Vervolgens beschrijft het de belangrijkste onderdelen van een waterstofsysteem op de bouwplaats: flessenpakketten, MEGC's, drukreduceerunits en brandstofcelaggregaten. De verantwoordelijkheden van de betrokken partijen worden duidelijk uitgewerkt, waaronder taken van de leverancier bij oplevering, de rol van de aannemer in veilig gebruik en toezicht en de taken van transporteur en chauffeur.

Een belangrijk onderdeel van het handboek bestaat uit werkprocessen en organisatie. Hierin worden werkplannen, toolboxen, instructies, registratieformulieren, inspectieprocedures en het aanstellen van een installatieverantwoordelijke behandeld. Daarnaast beschrijft het document hoe een bouwplaats moet worden ingericht voor veilig werken met waterstof, met aandacht voor ventilatie, opstelplaatsen, rijroutes, toegankelijkheid, communicatie en noodprocedures. In het theoretische deel worden technische achtergrondinformatie, ATEX-zonering, voorbeeldberekeningen van warmtestraling, eigenschappen van verschillende opslagvormen en de risico's van faalscenario's toegelicht. Daarmee biedt het document een geïntegreerde leidraad om waterstof op een veilige en praktische manier toe te passen op bouwplaatsen.

Checklist

1. Controleren of de ondergrond vlak, stabiel en vrij van obstakels is voordat installaties worden opgesteld.
2. Controleren of een geschikt blusmiddel (water- of poederblusser) aanwezig en direct bereikbaar is.
3. Controleren of de ATEX-zonering is vastgesteld en correct is opgenomen in de bouwplaatstekening.
4. Bevestigen dat de ATEX-zone niet is gepositioneerd binnen vluchtroutes of drukke verkeersstromen op de bouwplaats.
5. Zorgen dat ATEX-borden en waarschuwingspictogrammen op de juiste wijze zichtbaar zijn aangebracht.
6. Verbieden van ontstekingsbronnen binnen de vastgestelde ATEX-zone.
7. Oplevering en functionele controle uitvoeren door aannemer en leverancier gezamenlijk bij eerste ingebruikname.
8. Uitvoeren van een werkplekinspectie voordat het systeem wordt aangesloten of in bedrijf genomen.
9. Opnemen van alle maatregelen en opstelposities in de bouwplaatstekening, inclusief plaatsing van pakketten, aggregaat, rijroutes en werkgebieden.
10. Controleren op voldoende ventilatie rondom flessenpakketten, MEGC's en het drukreduceerstation.
11. Een toolbox of gerichte instructie geven aan alle betrokken medewerkers over veilig werken met waterstof.
12. Aangeven in het VGM-plan welke specifieke risico's verbonden zijn aan waterstof en welke maatregelen worden toegepast.
13. Controleren dat een alarmkaart beschikbaar is, met heldere procedures en contactpersonen voor incidenten.
14. Controleren dat werkprocedures voor aansluiten, wisselen, starten, stoppen en inspecteren zijn besproken en bekend zijn bij het personeel.
15. Dagelijks controleren van koppelingen, slangen, reduceerunits en componenten op schade, lekkage of afwijkingen.

16. Controleren dat vluchtwegen toegankelijk zijn en niet worden belemmerd door de waterstofopstelling.
17. Controleren dat noodstopvoorzieningen en afsluiters goed bereikbaar zijn.
18. Toezien op toegangsbeperking: alleen bevoegd en geïnstrueerd personeel mag handelingen verrichten.

Veiligheidsafstanden

Het handboek [6] Het handboek maakt onderscheid tussen ATEX-zonering, warmtestralingsafstanden en praktische afstandsmaatregelen op de bouwplaats. Het document introduceert geen wettelijke externe veiligheidsafstanden en levert geen risicocontouren of plaatsgebonden risico-afstanden. Alle afstanden die in het handboek worden genoemd, zijn gebaseerd op praktische risico-overwegingen, vuistregels voor veilig werken en warmtestralingsberekeningen voor voorbeeldconfiguraties.

ATEX-zonering wordt toegepast op plaatsen waar waterstof kan vrijkomen, bijvoorbeeld bij reduceerstations, koppelingen en aansluitpunten. Deze zonering is bedoeld om te voorkomen dat ontstekingsbronnen in contact komen met een potentieel explosief gasmengsel. De omvang van de ATEX-zone wordt vastgesteld volgens de richtlijn NPR 7910 en is afhankelijk van de configuratie van de installatie en het type werkzaamheden. Tijdens normaal gebruik blijft deze zone beperkt tot de directe omgeving van onderdelen waar een lekkage kan optreden. Bij wisselhandelingen of werkzaamheden waarbij koppelingen worden losgenomen, kan tijdelijk een grotere zone gelden, omdat daar een hoger risico bestaat op kortdurende gasvrijgave.

Warmtestralingsafstanden worden in het handboek gepresenteerd op basis van berekeningen voor enkele voorbeeldopstellingen, zoals flessenpakketten, MEGC's en containers met meerdere flessenpakketten. Hierbij worden contouren berekend voor verschillende niveaus van warmtestraling, zoals 3 kW/m² en 10 kW/m². Deze contouren geven inzicht in mogelijke thermische effecten bij een faalscenario. De afstanden die uit deze berekeningen voortkomen, zijn specifiek voor de uitgewerkte voorbeelden en zijn niet bedoeld als generieke afstandsnormen. Ze laten zien dat de afstand tot de bron kan variëren van enkele meters tot grotere afstanden, afhankelijk van de hoeveelheid waterstof en de specifieke opstelling die wordt gebruikt.

Naast de technische afstanden benoemt het handboek een aantal praktische overwegingen die bepalen hoeveel ruimte rondom de installatie noodzakelijk is. Hierbij gaat het om het vrijhouden van werkruimte voor dagelijkse handelingen, het waarborgen van voldoende ventilatie, het positioneren van vluchtwegen, het realiseren van een veilige benadering voor personeel en het voorkomen van aanrijdrisico's. De uiteindelijke opstelafstand tot andere objecten ontstaat dus door een combinatie van ATEX-zonering, warmtestralingsinformatie en de functionele inrichting van de bouwplaats. Het handboek benadrukt dat de toepassing van waterstof op een bouwplaats altijd maatwerk is, waarbij de ligging van de installatie, de activiteiten in de directe omgeving en de logistiek van de bouwplaats zorgvuldig moeten worden meegenomen bij het bepalen van veilige afstanden.