

HyDelta

WP2 – Odorisatie van waterstof

D2.4 – Het risico van het niet odoriseren van waterstof

Status: Final report januari 2022

Dit project is medegefinancierd door TKI Nieuw Gas | Topsector Energie uit de PPS-toeslag onder referentienummer TKI2020-HyDelta.

Document samenvatting

Corresponding author

| | |
|-------------------------|----------------------|
| Corresponderende auteur | Erik Polman |
| Verbonden met | Kiwa Technology |
| Email adres | Erik.Polman@Kiwa.com |

Document history

| Versie | Datum | Auteur | Verbonden met | Samenvatting van de wijzigingen |
|--------|------------|-------------|---------------|--|
| 1 | 30-11-21 | Erik Polman | Kiwa | Interne kwaliteitsborging, eerste concept naar de stuurgroep |
| 2 | 12-01-2022 | Erik Polman | Kiwa | Sterk gewijzigd concept naar aanleiding van commentaar, naar de stuurgroep |
| 3 | 31-01-2022 | Erik Polman | Kiwa | Final draft naar Supervisory Group HyDelta |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

Verspreidingsniveau

| Verspreidingsniveau | | |
|---------------------|--|---|
| PU | Publiek | |
| R1 | Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> Partners inclusief Expert Assessment Group Andere deelnemers aan het project inclusief Sounding Board Externe entiteit gespecificeerd door het consortium (please specify) | |
| R2 | Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> Partners inclusief Expert Assessment Group Andere deelnemers aan het project inclusief Sounding Board | |
| R3 | Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> Partners inclusief Expert Assessment Group | X |

Document approval

| Partner | Naam | Rol |
|---------|-------------------|------------------------------------|
| Kiwa | Rob van Aerde | Kwaliteitsborging |
| DNV | Harm Vlap | Projectpartner |
| Stedin | Frank van Alphen | Stuurgroep |
| Liander | Johannes de Bruin | Stuurgroep |
| GTS | Jelle Lieferring | Stuurgroep |
| | | Complete HyDelta Supervisory Group |

Executive summary

Purpose of this research

This report is part of Work Package 2: odorization of hydrogen. The aim of this work package is to fill some knowledge gaps related to the introduction of an odorant for hydrogen distribution. The specific research goal described in this report is to determine the risks of non-odorization of hydrogen and an inventory of alternative detection methods of hydrogen gas leaks.

Risks of non-odorization in gas distribution

When hydrogen is distributed to the built environment through gas pipelines as a collective energy carrier, it is imperative that the hydrogen is odorized to minimize the risk of escalating from a gas leak to an incident. It follows from a study by Bilfinger Tebodin that in the distribution of natural gas, the barrier that odorization creates to prevent the escalation of a gas leak to an accident such as fire, explosion or suffocation is effective in 98% of the cases. Not odorizing means that the chance that a gas leak will lead to a serious incident, increases by a factor of 50. In 2020, more than 25,000 natural gas air reports were made in the gas distribution network in the Netherlands. In the absence of the odorant, some of these disturbances would have gone undetected and could have escalated into an incident.

There is no reason to believe that this will be any different in the case of hydrogen distribution.

Choosing a hydrogen odorant

A number of studies state that an odorant for hydrogen should have at least the same alarming effect as the odorant used for natural gas. This doesn't mean that it must necessarily be the same odorant that is in use for natural gas and that is publicly known. Studies conducted as part of the Hy4Heat program warn that changing the type of odorant may pose a risk because the public's response to a new gas smell may be different. When choosing a different odorant, an extra effort will have to be made to familiarize the public with the new odorant.

The first experiences with the odorization of hydrogen are positive and the smell of the odorant in hydrogen is comparable to the smell in natural gas.

Alternative en additional safeties

Static gas detectors can play a role in the safety of hydrogen distribution, but there is no uniformity about this in the literature sources found. According to the IFV (Instituut voor Fysieke Veiligheid), gas detectors can be used in confined spaces to replace odorization. However, there is concern about the maintenance of these detectors and where they should be placed. No statements are made about the role of gas detectors in the gas distribution network. In a study by ARUP, it is recommended to place gas detectors in confined spaces for the first pilot projects with hydrogen, as one of the additional measures in addition to odorization.

Conclusion

The main conclusion from this literature review is that not odorizing distributed hydrogen will lead to a significant increase in the number of gas accidents if no other additional measures are taken. At the moment, odorization of hydrogen as a collective energy carrier is a necessary measure due to the lack of a worthy alternative to achieve the same safety level as with odorized natural gas.

Samenvatting

Doel van dit onderzoek

Dit rapport maakt onderdeel uit van Werkpakket 2: odorisering van waterstof. Het doel van dit werkpakket is om enkele kennishiaten op te vullen met betrekking tot de introductie van een odorant voor waterstofdistributie. Het specifieke onderzoeksdoel dat in dit rapport wordt beschreven is het vaststellen van de risico's van het niet odoriseren van waterstof en een inventarisatie van alternatieve detectiemethoden van waterstofgaslekken.

Risico's van niet odoriseren in de gasdistributie

Wanneer waterstof als collectieve energiedrager via gasleidingen naar de gebouwde omgeving wordt gedistribueerd, zorgt odorisatie van waterstof voor het minimaliseren van het risico op escalatie van een gaslek naar een incident. Uit een studie van Bilfinger Tebodin volgt dat bij de distributie van aardgas, de barrière die odorisatie opwerpt om escalatie van een gaslek naar een ongeval zoals brand, explosie of verstikking te verhinderen, voor 98% van de gevallen effectief is. Niet odoriseren betekent dat de kans dat een gaslek tot een ernstig incident leidt, met een factor 50 maal toeneemt. In het gasdistributienet in Nederland zijn in 2020 meer dan 25.000 aardgasluchtmeldingen gedaan. Bij afwezigheid van het odorant, zou een deel van deze storingen niet zijn opgemerkt en zouden deze hebben kunnen escaleren naar een incident.

Er is geen reden om aan te nemen dat dit anders zal zijn in het geval van waterstofdistributie.

Keuze van een waterstofodorant

In een aantal studies wordt gesteld dat een odorant voor waterstof minimaal dezelfde alarmerende werking moet hebben als het odorant dat voor aardgas wordt toegepast. Dit wil niet zeggen dat dit perse hetzelfde odorant moet zijn, dat in gebruik is voor aardgas en dat publiekelijk bekend is. In studies, uitgevoerd in het kader van het Hy4Heat programma, wordt wel gewaarschuwd dat verandering van het type odorant een risico kan vormen omdat de respons van het publiek op een nieuwe gaslucht anders kan zijn. Bij keuze voor een ander odorant zal een extra inspanning gedaan moeten worden om het publiek bekend te maken met het nieuwe odorant.

De eerste ervaringen met de odorisatie van waterstof zijn positief en de ruikbaarheid van het odorant in waterstof is vergelijkbaar met de ruikbaarheid in aardgas.

Alternatieve en aanvullende veiligheidsmaatregelen

Statische gasdetectoren kunnen een rol spelen in de veiligheid van waterstofdistributie, maar hierover is geen eenduidigheid in de gevonden literatuurbronnen. Volgens het IFV (Instituut voor Fysieke Veiligheid) kunnen gasdetectoren in besloten ruimtes gebruikt worden ter vervanging van odorisatie. Wel is er zorg over het onderhoud van deze detectoren en waar deze geplaatst zouden moeten worden. Over de rol van gasdetectoren in het gasdistributienet worden geen uitspraken gedaan. In een studie van ARUP wordt aanbevolen om voor de eerste pilotprojecten met waterstof, gasdetectoren in besloten ruimtes te plaatsen als één van de aanvullende maatregelen naast odorisatie.

Conclusie

De hoofdconclusie uit dit literatuuronderzoek is dat het niet odoriseren van gedistribueerd waterstof tot een aanmerkelijke verhoging van het aantal gasongevallen zal leiden wanneer geen andere aanvullende maatregelen worden genomen. Op dit moment is odorisatie van waterstof als collectieve energiedrager een noodzakelijke maatregel vanwege het ontbreken van een waardig alternatief om tot hetzelfde veiligheidsniveau te komen als met geodoriseerd aardgas.

Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| Document samenvatting | 2 |
| Executive summary | 3 |
| Samenvatting..... | 4 |
| 1. Introductie | 6 |
| 2 Het risico van niet-odoriseren in de gasdistributie | 7 |
| 2.1 De functie van een odorant..... | 7 |
| 2.2 Kwantificering van het risico van het niet odoriseren van aardgas | 7 |
| 2.2.1 Implicatie voor het risico van niet odoriseren van waterstof | 8 |
| 2.3 De rol van het odorant in de gasdistributiepraktijk | 8 |
| 3 Odorisatie en waterstofdistributie | 10 |
| 3.1 Bowtie-analyse van waterstofdistributie | 10 |
| 3.2 De geur en ruikbaarheid van odorant in waterstof..... | 10 |
| 3.3 Niet odoriseren van waterstof voor industriële toepassingen | 10 |
| 4. Alternatieven voor odorisatie bij waterstofdistributie | 12 |
| 4.1 Analyse van IFV..... | 12 |
| 4.2 Gasdetectie van waterstof | 12 |
| 5. Ervaringen uit het buitenland..... | 14 |
| 5.1 Hy4Heat safety assessment..... | 14 |
| 6. Conclusies | 16 |
| Referenties | 18 |
| BIJLAGE 1: Bowtiediagram van een waterstoflek..... | 19 |
| BIJLAGE 2 Verklarende woordenlijst | 20 |

1. Introductie

De onderzoeksvraag, die binnen dit onderdeel van het HyDelta programma wordt beantwoord is: Wat zijn de risico's indien waterstof niet geodoriseerd wordt en welke alternatieven zijn er om waterstoflekken tijdig te kunnen detecteren? De onderzoeksvragen worden beantwoord door middel van een literatuurstudie waarbij een analyse uit de beschikbare bronnen zal worden gemaakt.

Om de vraag over het risico van niet odoriseren te beantwoorden, is een analogie gemaakt met het gebruik van aardgas in de gebouwde omgeving en de rol van odorisatie hierin. Hierover zijn betrouwbare data beschikbaar over een periode van meer dan 25 jaar. De scope van dit rapport is beperkt tot het gasdistributienet. Dit is het stelsel aan leidingen en hulpmiddelen dat loopt vanaf het gasontvangststation tot en met de gasmeter.

De landelijke netbeheerder GTS heeft in samenwerking met de regionale netbeheerders een studie gedaan naar de risico's van (tijdelijk) niet odoriseren. Ook zal uit de registratie van storingen van de aardgasdistributie door de regionale netbeheerders (NESTOR), de rol van odorisatie worden belicht. Uit deze bronnen kan afgeleid worden hoe vaak de barrière van odorisatie effectief is geweest in 2020 in de gasdistributie en wat het vermeden risico is door te odoriseren.

De kennis wordt zo goed als mogelijk vertaald naar de distributie van waterstof en de rol van het odorant hierbij.

In Engeland is in het kader van het Hy4Heat programma onderzoek gedaan naar de risico's van waterstofdistributie in de gebouwde omgeving. Hierbij is ook de rol van het odorant en het gebruik van aanvullende maatregelen zoals gasdetectie na de gasmeter kwalitatief beschreven. Hoewel het totale pakket aan maatregelen voor zowel het gasdistributienet als de binneninstallatie geldt en de invloed van elke afzonderlijke maatregel niet is gekwantificeerd, is deze bron toch opgenomen in dit rapport omdat het de enige recente systematische analyse betreft over dit onderwerp.

2 Het risico van niet-odoriseren in de gasdistributie

Volgens de huidige MR Gaskwaliteit is het momenteel een verplichting om aardgas dat wordt gedistribueerd te odoriseren [1]. Middels de Aansluit- en transportcode gas RNB is opgenomen dat ook moet worden voldaan aan de NEN 7244-1 [2]. Deze norm zegt over odoriseren:

Wanneer gas van nature geen onaangename, kenmerkende, alarmerende geur heeft, moet er een odorant aan het gas worden toegevoegd. De toegevoegde odorant mag niet giftig zijn en moet onschadelijk zijn in de toegepaste concentratie. De geur moet verdwijnen na verbranding. Voor specifieke doeleinden mag gas zonder odorant worden geleverd. In dat geval moeten permanent andere systemen van lekdetectie functioneren in ruimten waarin gasleidingen zijn geïnstalleerd of gasinstallaties zijn opgesteld.

2.1 De functie van een odorant

Odorisatie speelt een belangrijke rol in de veiligheid van aardgas. Het zorgt ervoor dat een gaslek kan worden waargenomen door reuk. Hierbij is de odorisatie er op gericht dat de geur reeds kan worden waargenomen ver beneden de onderste explosiegrens.

2.2 Kwantificering van het risico van het niet odoriseren van aardgas

Bilfinger Tebodin heeft in 2019 een rapport "Risicoanalyse onder-odorisatie 2018" gemaakt in opdracht van GTS en met medewerking van de regionale netbeheerders Liander, Rendo en Enexis [13]. Dit rapport en de conclusies hieruit zijn vastgesteld door Netbeheer Nederland. Het rapport is niet openbaar. Enkele conclusies uit dit onderzoek worden met toestemming van GTS in deze paragraaf gedeeld.

De gasdistributie in Nederland kent een hoog veiligheidsniveau. Incidenten die gerelateerd zijn aan het gasdistributienet moeten gemeld worden door de regionale netbeheerders. De incidenten worden gecategoriseerd in categorie 1 en categorie 2. Categorie 1 incidenten moeten onmiddellijk gemeld worden bij de Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en de ongevalsdienst van Kiwa Technology. Categorie 2 incidenten moeten binnen 5 dagen gemeld worden bij SodM en Kiwa Technology.

Categorie 1 incidenten betreffen incidenten waarbij sprake is van doden of gewonden, brand of explosie, ontruiming van meer dan 250 personen of het niet leveren van gas aan meer dan 250 afnemers of een afwijkende gaskwaliteit gedurende meer dan 4 uur.

Categorie 2 incidenten betreffen incidenten waarbij er ontruiming is van meer dan 10 personen of het niet leveren van gas aan meer dan 10 afnemers of een afwijkende gaskwaliteit van minder dan 4 uur.

Kiwa Technology houdt de gasincidentmeldingen bij sinds 1993 en rapporteert hier jaarlijks over aan Netbeheer Nederland. Er is in de periode 1993 tot en met 2017, één melding gedaan waarbij twee dodelijke slachtoffers zijn gevallen ten gevolge van brand of explosie. Er is in dezelfde periode één dodelijk slachtoffer te betreuren door verstikking. Verstikking kan optreden wanneer de lucht, bijvoorbeeld in een werkput, wordt verdrongen door aardgas. Wanneer het zuurstofgehalte zakt tot 10% of lager, treedt bewusteloosheid op en kan binnen enkele minuten de dood intreden.

Wanneer de kans berekend wordt wat dat voor een inwoner van Nederland betekent om te overlijden door brand, explosie of verstikking veroorzaakt door het gasdistributiesysteem, betekent dit een kans van 1 op de 7 miljard jaar.

In de studie van Bilfinger Tebodin [13] is een risicomodel opgesteld met behulp van de LOPA methode, waarbij LOPA staat voor Layer of Protection Analysis. Oorzaak en gevolg van een incident worden hierbij schematisch verbonden, waarbij ook de barrières die een incident kunnen voorkomen in kaart zijn gebracht alsmede de werkzaamheid van die barrières. De functionaliteit van de barrières is getoetst met de resultaten uit de rapportages van ernstige incidenten en hierbij is een goede overeenkomst gevonden.

Voor odorisatie is de kans dat de barrière odorisatie niet werkt, geschat op 2%. Dit wil zeggen dat in 2% van de gevallen geen actie wordt genomen, terwijl het gas wel is geodoriseerd. Het kan zijn dat iemand een goed geodoriseerd gas niet kan ruiken of dat iemand geen actie neemt terwijl hij wel een gasgeur waarneemt. De barrière faalt volledig als er geen odorant wordt toegevoegd aan aardgas. Dat betekent, dat de frequentie waarmee dodelijke slachtoffers vallen of gewonden vallen dan we dat er schade optreedt, met een factor 50 toeneemt in het geval de odorisatie onvoldoende is.

2.2.1 Implicatie voor het risico van niet odoriseren van waterstof

Hoewel het risicomodel en de waarden hierin voor waterstof wellicht anders zullen zijn dan voor aardgas, wijzen de geurproeven in HyDelta er op dat de geur van een odorant niet wezenlijk anders is dan in aardgas. De werking van de barrière in geval van een gaslek zal daarom voor waterstof hetzelfde zijn als voor aardgas. Ook voor waterstof distributie mag daarom aangenomen worden dat de faalkans 2% bedraagt. Niet odoriseren van waterstof betekent dat de barrière die door odorisatie wordt opgeworpen volledig wegvalt. De kans op een ernstig incident zal dan ook 50 maal groter zijn.

2.3 De rol van het odorant in de gasdistributiepraktijk

Paragraaf 2.2 behandelde de rol van odorisatie, waarbij de onderbouwing van de effectiviteit van deze barrière door odorisatie is gebaseerd op data uit 25 jaar meldingen van ernstige incidenten. Een aanvullende onderbouwing volgt uit de storingsmeldingen: storingen zijn meldingen aan het gasdistributienet zoals bijvoorbeeld gasluchtmeldingen, die overigens in de meeste gevallen niet tot een incident hebben geleid.

Storingen in de gasnetten van de netbeheerders worden geregistreerd in het registratiesysteem Nestor [4]. Deze storingen betreffen het gasdistributienet, dit wil zeggen het samenstel van leidingen en installaties voor de distributie van gas onder lage druk van het gasontvangstation tot en met de gasmeter. Uit een analyse van de storingen is gebleken dat er in het jaar 2020 in totaal 34.234 meldingen zijn gedaan van een waargenomen gaslucht. Hiervan zijn 9.252 meldingen gedaan tijdens het lekzoeken. Lekzoeken is een activiteit die netbeheerders periodiek uitvoeren. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen Klasse I lekken en Klasse II lekken. Een Klasse I lek moet zo spoedig mogelijk doch uiterlijk binnen 24 uur worden veiliggesteld. Een Klasse II lek moet afhankelijk van aard en omvang en locatie, zo spoedig mogelijk worden afgehandeld, in ieder geval binnen zes maanden na constatering. Het aanwezig zijn van een gaslek is hierbij waarschijnlijk in de meeste gevallen hoofdzakelijk vastgesteld op basis van een meting met detectie-apparatuur. De waarneming van gaslucht is dan een additionele waarneming.

Dit neemt niet weg dat op zijn minst 25.072 storingen alleen op basis van het waarnemen een gasgeur zijn opgemerkt. De gasgeur is het meest waargenomen bij gasmeters (45% van de gasluchtmeldingen) en aansluitleidingen (37% van de meldingen). Mogelijk is een deel van de gasluchtmeldingen bij gasmeters het gevolg van de grootschalige vervanging van gasmeters door slimme meters. Deze vervanging is ingezet in 2013 en is in 2021 voor 85% voltooid.

Van de 25.072 storingen met gasluchtmeldingen is 45% van deze storingen door de klant opgemerkt en de rest grotendeels door derden zoals monteurs.

Het is niet te voorspellen wat er gebeurd zou zijn, wanneer deze gaslekken niet door een gasgeur zouden zijn waargenomen. In 2020 heeft ruim 25.000 keer de veiligheidsbarrière gewerkt die wordt opgeworpen door het odoriseren van gas.

3 Odorisatie en waterstof distributie

In dit hoofdstuk worden specifieke recente ervaringen en inzichten met betrekking tot het gebruik van een odorant voor waterstof beschreven.

3.1 Bowtie-analyse van waterstof distributie

Bij het ruiken van de alarmerende geur van het odorant is het mogelijk om actie te nemen zodat verdere escalatie naar een incident zoals een gasbrand of een gasexplosie, kan worden voorkomen.

De werkgroep Bowtie van Netbeheer Nederland heeft een Bowtie-analyse voor de distributie van waterstof opgesteld. De distributie van gas is gedefinieerd als het samenstel van leidingen en installaties onder lage druk van het gasontvangstation tot en met de gasmeter. Hierin is het ontbreken of het onvoldoende odoriseren van waterstof benoemd als escalatiefactor. Dit wil zeggen dat door het ontbreken van odorisatie of ten gevolge van onvoldoende odorisatie, activiteiten (lekdetectie en melding door derden (zie Bijlage I)) niet zullen functioneren waardoor de barrière niet of onvoldoende effectief zal zijn.

3.2 De geur en ruikbaarheid van odorant in waterstof

De vraag is of de geur van met THT geodoriseerd waterstof even goed waarneembaar is als aardgas geodoriseerd met THT. Een paneltest in HyDelta duidt er op dat zowel de geurgrens, het waargenomen geurkenmerk en ook de geursterkte vergelijkbaar zijn in beide gassen, bij dezelfde hoeveelheid odorant per volume-eenheid van het gas [12]. Dit geldt ook voor de twee andere odoranten (GASODOR® S-free en 2-hexyn) die zijn onderzocht.

Ook recente experimenten in Duitsland in het HYPOS project ondersteunen deze waarneming [14]. Hierbij is waterstof geodoriseerd met zowel het zwavelvrije odorant GASODOR® S-free als het odorant Spotleak 1009, een mengsel van mercaptanen. Over beide odoranten wordt gemeld dat de odorisatie probleemloos verloopt, het odorant zich stabiel gedraagt in de waterstofmatrix en dat de ruikbaarheid goed is.

3.3 Niet odoriseren van waterstof voor industriële toepassingen

Binnen het hoge druk gastransportnet (67 bar HTL) wordt het gas, dat van oorsprong reukloos is, op Meet- en regelstations voorzien van odorant (THT). Het aardgas dat via het regionale 40 bar (RTL) hoge druk gastransportnet geleverd wordt aan het gasdistributienet, is zodoende altijd geodoriseerd. Gas dat direct vanuit het HTL aan het distributienet geleverd wordt, wordt op het gasontvangstation (GOS) geodoriseerd. Industriële afnemers kunnen in het HTL er voor kiezen om niet geodoriseerd aardgas af te nemen als dat voor het proces van de afnemer schadelijk of te kostbaar is. Alternatieven zoals gasdetectie zijn dan vereist. In een enkel geval liggen leidingen met ongeodoriseerd gas en geodoriseerd gas naast elkaar en is soms een keuze te maken. In het geval een aansluitpunt op het ongeodoriseerde gasnet door GTS wordt aangeboden, dient de aangeslotene zelf veiligheidsmaatregelen te nemen in de vorm van gasdetectie zodat de risico's op een ongeval worden geminimaliseerd. Ook kan de afnemer een odoranteenheid in het eigen gasontvangstation plaatsen [6].

Sommige industriële afnemers hebben een voorkeur voor ongeodoriseerd aardgas omdat zij het gas als grondstof gebruiken en of omdat hun apparatuur gevoelig is voor zwavelverontreinigingen. Om een veiligheidsbarrière in te bouwen zodat een eventueel gaslek vroegtijdig kan worden opgespoord, wordt dan gasdetectieapparatuur geplaatst. In een industriële omgeving wordt deze apparatuur

normaliter goed onderhouden en zijn vaak back-up systemen aanwezig, zodat deze barrière altijd goed functioneert.

In de plannen voor de zogenaamde “Hydrogen backbone”, waarbij een deel van het GTS transportnet geschikt wordt gemaakt voor het hoge druk transport van waterstof, is niet voorzien in de odorisatie van waterstof [7]. Ook hier zullen de aangeslotenen zelf veiligheidsmaatregelen moeten nemen in de vorm van gasdetectie of zelf odoriseren. Dit geldt dus vooralsnog ook voor aansluitingen op het gasdistributienet.

Air Liquide is een bedrijf dat wereldwijd 200 waterstoffabrieken heeft en in België, Nederland en Noord-Frankrijk een netwerk heeft van 950 kilometer aan waterstofleidingen. Dit gas is niet geodoriseerd [8]. Ook hier moeten afnemers zelf de veiligheidsvoorzieningen voor eventuele waterstoflekkages op orde hebben.

4. Alternatieven voor odorisatie bij waterstof distributie

Lekdetectie door sensoren als vervanging van odorisatie of als aanvullende maatregel is onder voorwaarden mogelijk in besloten ruimtes maar de effectiviteit en efficiëntie voor gebruik in de openbare ruimte is niet bewezen. Dit geldt ook voor de ruimte nabij de woning zoals in het geval van aansluitleidingen.

De redenen hiervoor zijn:

- het is nog niet duidelijk hoeveel sensoren geplaatst moeten worden om het risico tot een aanvaardbaar risico te reduceren;
- het aantal sensoren zal in ieder geval hoog moeten zijn;
- deze sensoren zullen onderhouden moeten worden;
- plaatsing zal zowel op particulier terrein als in de openbare ruimte zijn maar ook bestand moeten zijn tegen vandalisme, diefstal en graafwerkzaamheden;
- de meting wordt beïnvloed door weersomstandigheden (met name wind) en is daardoor niet bij alle omstandigheden betrouwbaar.

In dit hoofdstuk worden twee bronnen aangehaald: het instituut voor Fysieke Veiligheid heeft een beschouwing gemaakt over de veiligheidsaspecten van waterstof in besloten ruimtes en recent heeft Kiwa Technology in opdracht van Netbeheer Nederland, onderzoek gedaan naar de werking van gasdetectieapparatuur.

4.1 Analyse van IFV

Het Instituut voor Fysieke Veiligheid (IFV) heeft een analyse gemaakt voor de veiligheidsaspecten van waterstof in besloten ruimtes [3].

Om de kans op een incident te verkleinen bij een waterstoflek in een besloten ruimte zijn de volgende typen maatregelen mogelijk:

- detectie van waterstof;
- ventilatie van de ruimte;
- ontstekingsbronnen vermijden of beperken;
- veiligheidsafstanden handhaven;
- beperken van de hoeveelheid waterstof die kan uitstromen.

IFV merkt op dat geurherkenning de belangrijkste wijze van detectie is. Dit kan alleen door toevoeging van een odorant. Als beste keus voor een odorant wordt THT genoemd omdat deze geur goed herkenbaar is door het publiek en met aardgas wordt geassocieerd. Een detector wordt als alternatief genoemd. Hierbij wordt opgemerkt dat detectoren goed gemonitord en onderhouden moeten worden omdat de prestaties van detectoren na verloop van tijd afnemen en ook moet rekening gehouden worden waar deze worden geplaatst. In het rapport wordt geen onderbouwing gegeven of detectoren even effectief zijn als een odorant.

De vraag welke maatregelen genomen moeten worden voor het gasdistributienet indien niet geodoriseerd wordt, wordt niet in het IFV rapport beantwoord. De scope van het IFV rapport is immers “besloten ruimtes”.

4.2 Gasdetectie van waterstof

Kiwa heeft in het kader van onderzoek voor het Kenniscentrum Gasnetbeheer onderzoek gedaan naar de werking van gasdetectieapparatuur die wordt ingezet door gasnetbeheerders [5]. Dit betreft:

- gasdetectiemeters (GD) die worden ingezet voor gaslekzoeken;
- gassignaleringsmeters (GS) die worden ingezet voor persoonlijke bescherming;
- gasconcentratiemeters (GC) die worden gebruikt voor ontluchten en ontgassen.

Het betreft dus geen statische (vast gemonteerde) gasdetectoren.

De algemene conclusies zijn:

- de geteste gasmeetapparaten die voor methaan zijn bedoeld, functioneren naar behoren voor methaan;
- bij blootstelling aan 100% waterstof en mengsels van waterstof en methaan voldeed geen van de geteste meetapparaten over het volledige meetbereik aan dezelfde eisen zoals die aan meting voor aardgas worden gesteld in de VIAG. De gassignaleringsmeter van Dräger met een H₂-module voldeed wel, zij het dat het meetbereik wat kleiner is dan geëist in de VIAG;
- de twee apparaten die zijn bedoeld voor waterstof, reageren goed op waterstof, waarbij er een verschil in gevoeligheid is tussen deze twee apparaten. Deze apparaten zijn echter niet geschikt voor het meten van methaan;
- er zijn in de verschillende categorieën echter wel meetapparaten die een bepaalde toepassingswaarde hebben voor het gebruik bij deze verschillende gassoorten. Die gebruikswaarde is afhankelijk van het soort sensor dat is toegepast.

Dit betekent dat de nu gebruikte en onderzochte gasdetectie-apparatuur voor waterstof goed kan functioneren maar dan uitsluitend voor 100% waterstof distributie en niet voor aardgas of aardgas bijgemengd met waterstof.

In onderstaande tabel 1 zijn de resultaten samenvat voor de verschillende geteste meetprincipes, het opgegeven meetbereik en het toepassingsgebied:

Tabel 1: Meetbereik en toepassing per sensorprincipe:

| Meetprincipe | CH ₄ | H ₂ | Max. meetbereik | Toepassing | | |
|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|-----|----|
| | | | | GD | GS | GC |
| Infrarood | | | 1-100% | + | + | + |
| Halfgeleiding | | | 0-2,2% | + | + | - |
| Palladium sensor | | | 0- 1% | + | - | - |
| Katalytisch | | | 0-5% | + | + | - |
| Warmte-geleidbaarheid | | | 0-100% | - | +/- | + |
| Laser-spectografie | | | 0-1% | + | - | - |
| Electro-chemisch*) | | | 0 -2000 ppm | +/- | + | - |
| Vlamionisatie | | | 0 –1% | + | - | - |

Legenda:

| | |
|--|-------------------------|
| | geschikt voor dit gas |
| | ongeschikt voor dit gas |

5. Ervaringen uit het buitenland

De meest concrete buitenlandse studie naar de distributie van waterstof betreft een veiligheidsanalyse die gedaan is in het kader van het Britse programma “Hy4Heat” [10].

5.1 Hy4Heat safety assessment

In het kader van het Hy4Heat programma is een veiligheidsbeoordeling uitgevoerd door ARUP en Kiwa Gastec. Het doel van deze beoordeling is om de risico's van distributie van waterstof naar de gebouwde omgeving te minimaliseren zodat deze niet hoger zijn dan de nu geldende en geaccepteerde risico's voor aardgas. Hierbij is rekening gehouden met de huidige gasdistributie in het Verenigd Koninkrijk en de daar optredende gasongevallen [9].

In de veiligheidsbeoordeling is er van uitgegaan dat hetzelfde odorant wordt gebruikt als voor aardgas. De reden hiervoor is dat de aangeslotenen gewend zijn aan deze geur en dat de barrière dus even goed werkt als voor een aardgaslek. Bij de introductie van een nieuw odorant moet er rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de geur minder is, of dat de associatie van de geur met een gaslek minder is. Hierdoor is de barrière minder efficiënt en leidt dit tot een hoger risico op een incident.

De risico's op een explosie of brand na een gaslek en de kans op letsel, is voor een aantal scenario's gekwantificeerd. Hierbij wordt de kans op ontsteking van een waterstoflek door de onderzoekers groter geacht dan voor een aardgaslek. Daarom worden aanvullende maatregelen voorgesteld. Om het veiligheidsniveau waterstofdistributie gelijk en zelfs iets hoger te krijgen dan voor aardgasdistributie volstaat het plaatsen van twee excess flow valves (EFV). De EFV's zijn in dit geval afsluitkleppen die worden aangestuurd wanneer het waterstofdebiet groter is dan 20 m³ per uur. Eén EFV wordt in de slimme meter geplaatst en één verder stroomopwaarts tussen de hoofdkraan en de gasmeter of bij voorkeur de aansluiting van de hoofdleiding op de aansluitleiding. In de analyse is er rekening mee gehouden dat deze kleppen eens in de tien jaar worden getest. Hoe hoger de onderhoudsfrequentie, hoe kleiner de kans op het niet functioneren van deze beveiliging.

Het plaatsen van twee EFV's is volgens de onderzoekers dus een maatregel om de distributie van waterstof minimaal net zo veilig te laten plaatsvinden als voor aardgas. Opgemerkt moet worden dat de EFV's niet zullen ingrijpen bij kleine gaslekken binnenshuis. Andere mogelijke maatregelen om de risico's op een gasongeval te verkleinen zijn niet kwantitatief doorgerekend.

De studie heeft geleid tot een reeks van aanbevelingen voor de introductie van waterstof in de gebouwde omgeving in de vorm van proefprojecten:

- beperk de uitstroom van gas tot 20 m³/uur door middel van restricties zoals een “Excess Flow Valve” (EFV);
- installeer uitsluitend nieuwe waterstofgasmeters en waterstofgastoestellen;
- installeer de gasmeters buiten de woning¹;
- vermijd het gebruik van gietijzeren binnenleidingen;
- zorg voor voldoende ventilatie in de woning;
- installeer waterstofgasdetectoren binnenshuis voor afnemers die een slecht reukvermogen hebben;
- pas hetzelfde odorant toe dat wordt gebruikt voor aardgas.

¹ In Nederland worden gasmeters binnenshuis geplaatst in een meterkast. In enkele buitenlandse landen kunnen deze ook op de erfgrans of aan de gevel worden gemonteerd.

Deze aanbevelingen gelden voor proefprojecten. Het is mogelijk dat nadat ervaringen met deze proefprojecten zijn opgedaan, niet alle maatregelen meer nodig zijn bij een grootschalige introductie van waterstof.

Voor Nederland zal een risicoanalyse opnieuw gedaan moeten worden omdat de gasdistributie en de regelgeving in Nederland anders zijn dan in het Verenigd Koninkrijk. In WP1A van het HyDelta-programma wordt onderzoek gedaan naar de risico's van waterstofdistributie in de gebouwde omgeving en welke maatregelen hierbij genomen kunnen worden om de risico's te verminderen. De uitkomsten hiervan zijn bij het opstellen van dit rapport nog niet gepubliceerd.

Het toevoegen van een odorant aan waterstof wordt door de onderzoekers als een zeer noodzakelijk onderdeel van het pakket aan maatregelen beschouwd om in combinatie met andere maatregelen het veiligheidsrisico van waterstofdistributie in de gebouwde omgeving op een voldoende laag niveau te brengen. Dit wil zeggen een risiconiveau dat even hoog of lager is als de huidige distributie van aardgas.

Het effect van het ontbreken van odorisatie of het minder effectief zijn van een odorant is in de veiligheidsanalyse van Hy4Heat niet gekwantificeerd. De risicoanalyse is uitgevoerd met de aanname dat het publiek net zo reageert op een waterstoflek als men nu reageert op een aardgaslek. Uit eerder Hy4Heat onderzoek is gebleken dat het odorant NB (mengsel van tertiair butylthiol en dimethylsulfide) dat in gebruik is in de UK, in waterstof dezelfde alarmerende werking heeft als in aardgas. Daarom gaat ARUP in haar model uit van het gebruik van dit odorant, omdat dan zekerheid is over een goede respons (een signalering, gevolgd door een actie) van het publiek op een gaslek. Bij gebruik van een ander odorant is het de vraag hoe deze respons zal zijn.

Het gebruik van hetzelfde odorant dat nu wordt toegepast voor aardgas, is één van de aanbevelingen van ARUP voor een pilot van waterstofdistributie in de gebouwde omgeving.

In het Hy4Heat rapport "Hydrogen odorant" wordt het odorant NB aanbevolen met de motivering dat het effectief is en niet schadelijk voor gasleidingen en verbrandingstoestellen [11]. Daarnaast is het de goedkoopste optie voor odorisatie. Indien brandstofcellen massaal worden toegepast, moet de keuze van het odorant opnieuw overwogen worden, hoewel reiniging voor de brandstofcel dan ook een optie is.

6. Conclusies

Risico's van niet odoriseren

Uit een analyse door Bilfinger Tebodin blijkt dat de barrière van odorisatie voor de aardgasdistributie een faalkans van 2% heeft. Als aardgas niet geodoriseerd wordt, betekent dit de barrière volledig wegvalt en dat de kans op een ernstig incident 50 keer groter is.

Geurdetectie door odorisatie is een effectieve barrière die in 2020 alleen al minimaal 25.000 keer is benut voor het aardgasdistributiesysteem. Onbekend is hoe vaak de barrière binnenshuis, na de gasmeter is benut. Wanneer waterstof in de toekomst zou worden gedistribueerd in de huidige gasdistributienetten, en niet zou worden geodoriseerd en er geen andere veiligheidsmaatregelen zouden worden toegepast, zou dit tot een verhoging van de kans op een incident leiden, omdat er onvoldoende andere barrières beschikbaar zijn om de kans en daarmee het risico voldoende te reduceren.

Alternatieven voor odorisatie

Over de toepassing en functie van gasdetectoren binnenshuis zijn de meningen niet eensluidend. Volgens IVF kunnen deze als vervanging dienen van odorant in besloten ruimtes mits rekening gehouden wordt met de juiste positionering en het onderhoud op orde is. In het kader van het Hy4Heat project is geconcludeerd dat voor de eerste pilotproeven met waterstofdistributie, gasdetectoren in huis geplaatst moeten worden als één van de aanvullende maatregelen die bovenop de odorisatie moeten worden genomen. Voor de distributie van aardgas is gebleken dat odorisatie voor gebruik binnenshuis (na de gasmeter) een zeer effectieve veiligheidsmaatregel is. Bij een collectief gebruik van waterstof als energiedrager is het daarom goed mogelijk dat het plaatsen van gasdetectoren als aanvullende veiligheidsmaatregel, niet noodzakelijk is. Over gasdetectie aan het gasdistributienet zijn geen literatuurbronnen gevonden. Gasdetectie aan het gasdistributienet als vervanging van odorisatie, lijkt om meerdere redenen (nog) geen haalbare optie.

De ruikbaarheid van odorant in waterstof

De eerste experimenten in HyDelta en ook in Duitsland (HYPOS) geven aan dat de functie van het odorant in waterstof even goed is als voor aardgas.

Uit de analogie met aardgasdistributie kan geconcludeerd worden dat odorisatie voor waterstofdistributie een noodzakelijke maatregel om de kans op escalatie van een gaslekke tot een incident (explosie of brand) te verkleinen. Niet odoriseren betekent een onaanvaardbaar hoog risico op incidenten. Bij de keuze van een odorant voor waterstof wordt als voorwaarde vermeld dat deze minimaal dezelfde alarmerende werking moet hebben als het huidige odorant dat voor aardgas wordt toegepast. Wanneer tot een ander odorant zou worden overgegaan zou goed onderzocht moeten worden of de alarmerende werking daadwerkelijk even goed is als voor het huidige aardgasodorant. Een ander odorant kan tot een andere beleving leiden, waardoor mogelijk minder actie door het publiek wordt ondernomen.

Hoofdconclusie

Uit de analogie met aardgasdistributie kan geconcludeerd worden dat odorisatie voor waterstofdistributie op dit moment als een noodzakelijk maatregel wordt gezien vanwege het ontbreken van een waardig alternatief om tot hetzelfde veiligheidsniveau te komen als met geodoriseerd aardgas. Door odorisatie wordt de kans op escalatie van een gaslekke tot een incident (explosie of brand) verkleind.

In zowel een studie door het IFV naar de Nederlandse situatie en in een studie in het kader van het Hy4Heat project dat betrekking heeft op het Verenigd Koninkrijk, wordt geconcludeerd dat odorisatie van waterstof in de gasdistributie noodzakelijk is om de veiligheid te waarborgen. Het gekozen odorant moet hierbij minimaal even goed werken als het odorant dat voor de aardgasdistributie wordt gebruikt.

Referenties

- [1] Ministeriele Regeling van de Minister van Economische Zaken van 11 juli 2014, nr. WJZ/13196684, tot vaststelling van regels voor de gaskwaliteit (Regeling gaskwaliteit), geldend vanaf 1 januari 2019
- [2] NEN 7244, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen voor maximale bedrijfsdruk tot en met 16 bar - Deel 1: Nederlandse editie op basis van NEN-EN 12007-1 - Algemene functionele eisen
- [3] M.B. Spoelstra, Veiligheidsaspecten van waterstof in een besloten ruimte, Instituut Fysieke Veiligheid (2020)
- [4] NESTOR, storingsregistratie database 2020
- [5] René Hermkens, Arie Kooiman en Michiel van der Laan, Geschiktheid gasmeetapparatuur voor waterstof, Kiwa Technology, Rapportnr. GT-200046, mei 2021
- [6] Website Gasunie Transportservices
- [7] Webinar Hydrogen Infrastructure, Gasunie Transportservices, 1 oktober 2020
- [8] Informatie op de website van Air Liquide
- [9] Sophie Brown, Gabor Posta (ARUP), Paul McLaughlin (Kiwa Gastec), Hy4Heat Safety Assessment Conclusions Report incorporating Quantitative Risk Assessment, ARP-WP7-GEN-REP-0005, mei 2021
- [10] Website Hy4heat www.hy4heat.info
- [11] WP2, Hy4Heat, Hydrogen odorant, final report
- [12] Results obtained during HyDelta odorant tests, to be published in report 2.5
- [13] Risicoanalyse onder-odorisatie 2018, vertrouwelijk rapport van Bilfinger Tebodin in opdracht van GTS
- [14] , Raymond Mothes, Udo Lubenau und Paul Damp, Odorierung von Wasserstoff im HYPOS-Projekt „H2-Netz“, GWF GE, **10**,2021, p46-52

BIJLAGE 2 Verklarende woordenlijst

Binneninstallatie

De leiding met toebehoren van de installatie na de gasmeter

Bowtie methode

De Bow-tie methode is een gestructureerde analysetechniek waarmee oorzaak, gevolg en barrières in kaart kunnen worden gebracht en geanalyseerd.

Excess Flow Valve (EFV)

Een EFV is een klep die een leiding kan afsluiten wanneer het gasdebiet een ingestelde waarde overschrijdt

Gasdistributienet

Een gasdistributienet is een gastransportnet dat niet wordt beheerd door de netbeheerder van het landelijke gastransportnet met een druk niet hoger dan 8 barg en is tevens het geheel van leidingen vanaf het gasontvangstation (GOS) tot en met de gasmeter

GTS

Gasunie Transport Services, de beheerder van het landelijke gastransportnet

Hoge druk Gastransportnet

Een gastransportnet beheerd door de landelijke netbeheerder met een operationele absolute druk tussen 16 en 67 barg

NB

Odorant dat in delen van Engeland wordt toegepast voor aardgas en dat bestaat uit teriar butylthiol en dimethylsulfide

NESTOR

Storingsregistratiesysteem van regionale netbeheerders van gas en elektriciteit

PBM

Persoonlijk Beschermingsmiddel

VIAG

Veiligheidsinstructies Aardgas. De VIAG is van toepassing op de bedrijfsvoering van gasvoorziening systemen die in eigendom, beheer en/of onderhoud zijn van of bij gasnetbeheerders, alsmede op de werkzaamheden aan, met of nabij die gasvoorziening systemen die in opdracht van de gasnetbeheerders worden uitgevoerd