

Verlag

Een veilige waterstof economie?

Verlag bijeenkomst Contactgroep Gezondheid en Chemie (CGC) in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK), 16 januari 2020

Arlette van der Kolk¹ en Paul Swuste²

Waterstof (H₂) wordt naast elektriciteit gezien als dé CO₂ vrije energiedrager van de toekomst. De industrie gebruikt waterstof al heel lang in haar processen. Er zijn ontwikkelingen om waterstof ook te gaan gebruiken voor mobiliteit en in huizen en kantoren, dus veel meer in de openbare ruimte. De eerste waterstof auto's en bussen rijden al op de weg. En in Nederland zijn inmiddels meerdere pilots in ontwikkeling waarbij voorbereidingen worden getroffen om waterstof te gebruiken als energiedrager voor de verwarming van huizen.

Waterstof is brandbaar en het "wil - als kleinste molecuul op aarde - overal doorheen". Naast kansen zijn er ook risico's. Voor toepassing in de bebouwde omgeving in de publieke ruimte zijn geen gevarenczones zoals bij de industrie. Ook komt de toepassing van waterstof in het domein van consumenten, dat anders werkt en georganiseerd is dan het industriële domein. De gevolgen van een calamiteit met waterstof kunnen groot zijn. In de literatuur zijn enkele grote ongevallen met waterstof gerapporteerd. Apparatuur waarin waterstof wordt gebruikt, moet worden aangepast.

De vraag is of we klaar zijn voor waterstof in de publieke ruimte? Hoe zit het met de veiligheid? Kunnen we het huidige aardgas zomaar vervangen of vraagt de bebouwde omgeving toch een andere manier van denken dan de industriële? Wat weten we van waterstof? Kun je inderdaad bestaande installaties en leidingen gebruiken? Wat moet je doen om veilig te tanken of voldoende hoeveelheden te produceren en installaties te bouwen? Hoe wordt er in die hele transitie naar (proces)veiligheid gekeken?

In deze bijeenkomst werd, in samenwerking met Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK), dit thema belicht door sprekers met verschillende achtergronden en werkpraktijken. Voor de pauze werd de stand van zaken in de wetenschap en de kansen en uitdagingen voor het gebruik in de praktijk toegelicht. Na de pauze werd ingegaan op het beheersen van eventuele calamiteiten, mochten deze zich onverhoopt toch voordoen.

Waterstof in de publieke ruimte

Als inleiding neemt **Ad van Wijk**, TU Delft, ons mee in de ontwikkelingen in de toepassingen van waterstof als

energiedrager in de publieke ruimte. Hij schetst de stand der wetenschap en de mogelijkheden van de techniek. We staan op de grens van een grootschalige omschakeling.

Ad neemt ons mee in de drijvende kracht achter het gebruik van waterstof: wind- en zonne-energie. Waterstof wordt al opgewekt uit fossiele brandstoffen. Duurzame energiebronnen hebben natuurlijk de voorkeur. Vanuit de petrochemische industrie wordt daarom al lang gekeken naar andere energiebronnen. De afgelopen jaren is de kostprijs steeds lager geworden, momenteel ongeveer 0,015 € per kWh. In theorie kun je op 10% van de oppervlakte van Australië genoeg energie opwekken om het energiegebruik van de hele wereld te dekken. De vraag is, hoe krijg je die energie op het juiste moment op de juiste plaats? Windenergie wek je immers het beste op zee op waar het hard waait; zonne-energie in de tropen en woestijnen waar de zoninstraling het hoogst is. Beiden zijn ver van de gebieden waar de energie nodig is.

Waterstof biedt de oplossing. En het is ook niet helemaal nieuw: in het stadsgas afkomstig van kolenvergassing zat vroeger een percentage waterstof. Gekoeld wordt waterstofgas een vloeistof en kan goed worden vervoerd met tankschepen en in tankwagens. Eind 2019 is het eerste vloeibare waterstof tankschip in de vaart genomen, die waterstof voor de Olympische spelen in Tokyo gaat leveren. Het gebruik van waterstof lost ook een ander knelpunt op: de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk is beperkt en onderweg gaat veel elektriciteit verloren. De capaciteit van het gastransportnetwerk is veel groter en er liggen al veel netwerken, ook offshore. De meest kostenefficiënte route is om de opgewekte elektriciteit om te zetten in waterstof en dan te transporteren. Ook in ons land zijn veel bestaande gasleidingen geschikt voor het transport van waterstofgas. Wel moeten hier en daar aanpassingen worden gedaan, bijvoorbeeld wat betreft de compressoren in de transportleidingen. Kortom de basis voor de infrastructuur is er. En ook niet onbelangrijk: het transport via pijpleidingen is goedkoper dan via het elektriciteitsnet.

Zonne-energie wek je op als de zon schijnt, in de zomer. Terwijl de energiebehoefte juist in de winter sterk toeneemt. Kortom, de energiebehoefte en -opwekking lopen

¹ Bestuurslid CGC

² Safety and Security Science Group, Faculty of Technology, Policy and Management, Technical University of Delft

niet synchroon. De opgewekte energie moet opgeslagen worden. Dat kan in zoutkoepels. Daar is een grote capaciteit om waterstof op te slaan.

Industriële toepassingen van waterstof zijn er dan ook genoeg, bijvoorbeeld in de kunstmest, petrochemie- en staalindustrie. Ondertussen zie je waterstof in verschillende ‘markten’ ook al dichterbij huis: Elektriciteitscentrales kunnen draaien op waterstof. Er zijn bussen en auto’s die rijden op waterstof, waarbij een brandstofcel de energie uit waterstof omzet in elektriciteit voor de aandrijving. Grote partijen zijn al aan de slag met de verdere ontwikkeling van infrastructuur en voertuigen voor het gebruik voor waterstof voor de mobiliteit, denk aan Shell, Total, Toyota of Hyundai. Qua veiligheid is er een verschil met benzine en diesel. In het geval van een lek in de tank, wil het waterstof omhoog. Je krijgt kortstondig een steekvlam in de hoogte waarna de vlam uitdooft of eigenlijk wordt “uitgeblazen” door de grote snelheid waarmee waterstof stijgt. Benzine/diesel lekken omlaag en ontbranden ter plaatse onder de wagens. Het waterstof gedraagt zich anders en daar moet goed op worden geanticipeerd, maar in principe is het niet onveilig.

In de bebouwde omgeving staan we nog wat meer aan het begin. Er wordt bekeken in hoeverre waterstofgas gebruik kan worden in woningen, vergelijkbaar met het oude stadsgas van vroeger, bijvoorbeeld in Leeds. In Japan zijn er huizen met brandstofcellen voor de verwarming van de woning. En ook in Nederland staan we aan de vooravond van het gebruik van waterstof in woningen. Er zijn bijvoorbeeld verwarmingsketels die geschikt gemaakt kunnen worden voor waterstof door de branders aan te passen.

Waterstof distributie – Duurzame veilige toepassing in de ‘openbare ruimte’.

Matthijs Jager, Stedin, schetst de praktijk van dit moment. Stedin is verantwoordelijk voor het leveren van elektriciteit en aardgas aan ruim twee miljoen huisaansluitingen in de regio Zuid-Holland / Utrecht en een deel van Noord-Friesland. De gasdistributie infrastructuur in Nederland bestaat uit een fijnmazig netwerk van grote leidingen voor het transport van grote hoeveelheden gas naar ontvangstations en van daar met vele kleinere leidingen naar de huizen in Nederland. De Nederlandse gastdistributie is betrouwbaar, veilig en betaalbaar.

De aandacht voor alternatieven voor aardgas is er al een tijdje, maar werd versneld door de aardbevingsproblematiek in Groningen en de roep om het gebruik van aardgas terug te dringen. De vraag is: kunnen we zonder gas? Alles vervangen door elektriciteit is niet heel realistisch, gezien de hoeveelheid energie die nodig is door het jaar heen en de transportcapaciteit. Haalbaarheidsstudies laten ruimte zien voor het gebruik van hernieuwbare gassen, zoals biogas of synthetisch gas uit CO₂ en waterstof. Verschillende energiedagers passen bij verschillende gebieden in Nederland, afhankelijk van de soort energiedrager die

het best past bij dat gebied. Voor Stedin is de focus niet #vangaslos, maar #van**aard**gaslos.

Over het gebruik van waterstof in industriële toepassingen is al veel bekend. Maar er zijn ook nog onbekenden. De risico’s van lage druk waterstof – zoals het in de publieke ruimte vervoerd en gebruikt wordt – lijken op zich op die van aardgas maar zijn ze helemaal hetzelfde? Waterstof is een interessant medium. Het huidige aardgasdistributienetwerk is in de basis geschikt voor waterstof. Er zullen wel aanpassingen nodig zijn. De risico’s moeten nog gedetailleerd in kaart worden gebracht en een aantal kennislacunes van de gevaren van waterstof in publieke omgeving moet worden ingevuld.

Er lopen diverse onderzoeken naar het gedrag en de risico’s van waterstof. Bijvoorbeeld of het beter is om waterstof af te blazen of dat je het beter kan affakkelen? En hoe verdeelt waterstof zich door de ruimte als er ergens een lek is? Kunnen er in gebouwen of de grond rond leidingen ‘pockets’ ontstaan waar waterstof zich ophoopt tot een kritische hoeveelheid? Dat willen we graag uitsluiten. Wat is de kans op brand in de put bij reparaties aan de leidingen buiten? Aan aardgas voegen we een geurstof toe, zodat je als bewoner tijdig ruikt dat er iets mis is. Kan dat bij waterstof ook? Wordt die geurstof op dezelfde manier meegenomen als bij aardgas? Ook niet onbelangrijk: de basis van het bestaande netwerk is goed, maar is het hele systeem – componenten en netwerken – (nog) fysiek geschikt voor waterstof? Kunnen we waterstof veilig in de huizen brengen, of is een extra conversie naar bijvoorbeeld synthetisch gas beter omdat het meer lijkt op aardgas. Een andere vraag is of je waterstof niet kunt bijmengen bij aardgas. De gasmeters en toestellen moeten daar wel op berekend zijn, omdat het gas zich vanaf een bepaalde hoeveelheid waterstof in aardgas anders gaat gedragen.

Een deel van de ontbrekende kennis zit ook in de context: De bebouwde omgeving heeft heel andere kenmerken dan de industrie. In de industrie werken specialisten volgens in vergunningen vastgelegde regels in omgevingen die helemaal zijn ingericht op het gebruik van waterstof. In de bebouwde omgeving gaat het om niet professionele gebruikers in een grotendeels niet aangepaste omgeving. De distributie van aardgas en elektriciteit is bij wet geregeld, waardoor er eisen worden gesteld aan degenen die het transporteren en het netwerk aanleggen. Waterstof valt nu nog onder een ander regime. Er zijn nog geen waterstof aanbieders die zich richten op het publieke domein. In de pilots krijgen netbeheerders en leveranciers te maken met andere activiteiten en regels dan waar ze aan gewend zijn, zoals opslag van waterstof voor de invoeding in het net. Hoe krijg je het waterstof ter plaatse als de verantwoordelijkheden en regelgeving voor de bijvoorbeeld de huisaansluitingen nog niet is vastgelegd. Er is nog veel te doen, maar het is een mooie uitdaging om alles tijdig te ontwikkelen.

Energietransitie: Duurzaamheid en veiligheid in balans houden!

Na de pauze zoomen we verder in op de uitdagingen. **Marco van den Berg**, Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond, schetst de veranderingen in wereld van de brandweer.

Marco begint bij de basis: de brandweer is van oudsher gericht op het blussen van brand: in vroeger tijden heel zichtbaar en met een goed herkenbare brandstof. Gaandeweg heeft het werk van de brandweer zich verder ontwikkeld. De brandbare stoffen, maar ook de hulpverlening is daardoor sterk veranderd. De stoffen zijn minder grijpbaar en het gaat al lang niet meer om blussen alleen. Denk bijvoorbeeld aan de verschillende energiedragers in auto's: benzine/diesel/biofuel, LPG/LNG/H₂, accu's, brandstofcellen. Ze hebben allemaal verschillende eigenschappen en een eigen aanpak nodig bij een calamiteit. Maar dat is niet altijd te zien aan de buitenkant.

Wat weten we van waterstof en wat is het probleem? Waterstof wordt gepromoot als gezond supplement, zoals met waterstof verrijkt water. Marco laat zien hoe je dit water door middel van elektrolyse zelf kunt maken (gewoon te koop voor de consument). Grappig, maar er zit meer achter. Op dit moment wordt de meeste waterstof die gebruikt wordt in de industrie nog gemaakt (uit elektriciteit) uit fossiele brandstoffen. Dat gaat gepaard met CO₂ uitstoot. Bij grootschalige opwekking kan de CO₂ worden afgevangen en opgeslagen. Alleen waterstof gemaakt met duurzame energiebronnen geeft een echte CO₂ reductie. Juist voor de grote energievraag in de winter in de bebouwde omgeving is het moeilijk voldoende waterstof op te wekken uit deze duurzame energiebronnen. Daarbij komen nog andere vraagstukken zoals de opslag en het transport. Verschillende toepassingen hebben eigen veiligheids-uitdagingen.

Een van de eerste uitdagingen voor de brandweer is dat er nog geen specifieke meters zijn om waterstof te detecteren en op het juiste moment de alarmeren, zoals die er wel zijn voor CO of aardgas. Daarnaast zijn er vanuit het perspectief van de brandweer specifieke risico's, afhankelijk van de toepassing en de omstandigheden.

- Waterstof wordt onder druk opgeslagen en vervoerd. Hoe hoger de druk, hoe meer energie in hetzelfde volume past. Als er een calamiteit is, moet je wel weten waar je op moet letten om de juiste voorzorgsmaatregelen te nemen.
- Waterstof dringt sterk door (bouw)materialen en het stijgt op. Marco laat met de zelf opgewekte waterstof zien dat het waterstof meerdere lagen gipsplaat passeert. In een gebouw kan dit betekenen dat je niet weet waar het vandaan komt en waar het probleem is.
- Zit er zout, zoals Natrium Chloride, in het water dan geeft dat chloorgas. Dan moet je zorgen voor adequate bescherming daartegen voor mens en installatie.

- Waterstof productie geeft lokaal zuurstof waardoor een brand kan versnellen.
- Waterstof wordt in tegenstelling tot de meeste gassen juist warmer bij ontspanning (als de druk afneemt), wat een heel ander gedrag met zich mee brengt dan aardgas.

De kennisontwikkeling gaat hand in hand met de nieuwe ontwikkelingen en vraagt omdenken. Van branden met waterstofauto's is bijvoorbeeld geleerd dat er geen water op het vuur gegooid moet worden, maar dat je beter de brandende auto in het water kunt takelen..... Het is een beetje als de soepele overgang van de oude filmrolletjes naar digitaal fotograferen. Het lijkt hetzelfde, maar de toeleveranciers moeten grote veranderingen doorvoeren, tot aan de eindgebruiker die anders moet archiveren. Het is een systeemverandering die op vele fronten doorwerkt. Werk of privé, ieder heeft zijn "Kodak moment".

Alle partijen, burgers, veiligheidskundigen, brandweer en overheid moeten het wenselijke veiligheidsniveau en beheersingsmethoden op elkaar gaan afstemmen tijdens de transitie. Veiligheid moet georganiseerd worden, waarbij risico's niet verward moeten worden met dreiging en angst. De brandweer wacht daarbij ook op nieuwe regelgeving. De bestaande is letterlijk fossiel, gebaseerd op de brandstoffen uit het verleden. Een belangrijke vraag is wie de regie heeft in het proces om het omschakelen gecoördineerd te laten verlopen, te beginnen op de tekenafel. Marco eindigt met een zorg vanuit de bekende brand-driehoek: waterstof lijkt op andere gassen, maar is heel anders. Hoe houden we het veilig tijdens de omschakeling en hoe zorgen we dat degenen die goed bekend zijn met de eigenschappen van de bekende brandstoffen serieus notie nemen van de verschillen.

Incident waterstoftankstation Kjørbo, Noorwegen

Hoe anders is een incident met waterstof? **Cees Smit**, ARCADIS, rond af met een explosie bij een waterstoftankstation in Noorwegen in de zomer van 2019. De situatie voor het incident ziet er uit zoals je dat kent van een gewoon tankstation. De pomp met een overkapping, een reclamebord en een opslag met daarin tevens een waterstofproductie-eenheid bovengronds op enige meters afstand van de pomp.

Camera's in de buurt registreerden een felle brand in de opslag met recht opstijgende vlammen, maar amper rook. De pomp met overkapping en het reclamebord was onbeschadigd. De opslag was van binnen geheel verwoest. De brand- en drukwerende wanden waren vervormd, maar stonden nog overeind op de buitenste bekleding na. Die was er af gevallen. Een aantal van deze panelen lagen een paar meter verder op de weg.

Het station stond buiten de bebouwde kom op ruime afstand van andere bebouwing – winkelboulevard – aan de overkant van een grote kruising tussen de rijstroken in.

Het incident gebeurde op een vrije maandag aan het einde van een lang weekend in de late namiddag. Het was mooi weer. Veel mensen waren nog buiten voor een weekendje weg. Er stond niemand te tanken en het was rustig op de weg. De luchtdrukverplaatsing bij het begin van het incident bracht een SUV aan het schudden. Er was glasschade aan kantoren in de buurt. Bij enkele passerende auto's gingen de airbags af, waardoor er enkele lichtgewonden waren.

De bestrijding van een waterstofbrand vergt specifieke expertise. Met een drone werden luchtopnames gemaakt om te zien waar de brand het heetst was. Vanwege de hitte en intensiteit van de brand werd een blusrobot ingezet om op afstand te kunnen blussen en koelen. Ook werd een evacuatie in een straal van 500 meter rond het tankstation voorbereid, mocht de calamiteit zich uitbreiden. Uiteindelijk had de brandweer het incident in een kleine 3 uur onder controle en was een evaluatie niet nodig.

Daarna kwam de zoektocht naar de oorzaak. In de opslag waren verschillende units met onderling verbonden grotere en kleinere opslagtanks aanwezig. De tanks in die blokken hebben verschillende drukken afhankelijk van hun functie, zoals opslag (hoge druk 950 bar) of het voorportaal van de pomp (lage druk). De calamiteit trad op in het blok met hoge druk. Bij een van de cilinders is het begin van de calamiteit te zien aan de kant van de afsluiter. Detail onderzoek van die afsluiters wees geen gebreken aan in de onderdelen van de afsluiter. Uit het logboek van de unit bleek dat in een cilinder een omvangrijke, lekkage plaatst vond binnen 3 seconden. Daarna stopte de registratie, waarschijnlijk als gevolg van de explosie die optrad door de lekkage. Uiteindelijk is er ongeveer 3 tot 3,5 kilo waterstof vrijgekomen. Het onderzoek voert de oorzaak van de lekkage terug naar de montage van de afsluiter, waarbij de afsluitende bout op de verkeerde wijze is aangedraaid mogelijk met onjuist aangebrachte afdichtingsvloeistof. Detail is dat bij nadere bestudering van het logboek ook eerdere kleine onregelmatigheden te zien waren. Maar door het vrije weekend was daar niet nog geen actie op genomen. Ook hier speelt een voor veiligheidskundigen bekend fenomeen mee: verschillende omstandigheden bepalen samen het verloop.

Inmiddels zijn bij negen vergelijkbare stations in de EU maatregelen getroffen: de afsluiters zijn gecontroleerd. De werkwijzen van montage en controle zijn aangescherpt. De lekdetectie is verbeterd. En er wordt aandacht besteed aan het verkleinen van de ontstekingskans. Ook in Nederland wordt er van geleerd. Onder andere door Rijkswaterstaat en Arcadis is nagegaan hoe de geleerde lessen in ons land geïmplementeerd kunnen worden. De belangrijkste les: 'waterstof kan gevaarlijk zijn' (net als vele andere stoffen).

Paneldiscussie met de zaal

De presentaties waren illustratief en gaven veel inzicht. Dat was ook te merken aan de vragen. Verduidelijking was niet nodig, waardoor de discussie zich toespitste op verdieping:

- De invloed van de windrichting op de vlam werd besproken. Dat hangt natuurlijk sterk af van de omstandigheden. Feit is dat waterstof wil opstijgen en intens brand. De vorm van de vlam is dus anders dan aardgas.
- Het is zaak om de bestaande kennis hoe om te gaan met waterstof uit de industrie te exporteren en 'vertalen' naar de publieke ruimte. Zowel bij het reguliere gebruik als bij calamiteiten.
- In de industrie wordt gewerkt met veiligheidszoning (ATEX) en veilige werkwijzen. Hoe kunnen we dat in duizenden huishoudens introduceren en zorgen dat er naar gehandeld wordt?
- Willen we waterstof op grote schaal duurzaam gebruiken in de bebouwde omgeving, dan moeten we groene waterstof importeren uit het buitenland (waar veel zon- en/of windenergie opgewekt kan worden). Zijn we daar klaar voor?
- De explosiegrens van waterstof ligt theoretisch hoger dan de ontbrandingsgrens (bij veel stoffen liggen deze veel dichter bij elkaar en wordt er geen onderscheid gemaakt), maar is afhankelijk van luchtdruk en temperatuur. Hoe gaan we ervoor zorgen dat deze grenzen niet worden overschreden als de omstandigheden zoveel invloed hebben?
- Een laatste punt is de opslag: In een van de pilots wordt gewerkt met een lokale opslag. En bij het tankstation zag je dat ook. Grootschalig is dat niet de bedoeling. Dan wil je een aanvoer op het moment dat het nodig is vanuit een centrale opslag, bijvoorbeeld de zoutkoepels.

Kortom, de vraag is misschien niet: Zijn we al klaar voor de waterstofeconomie? Het is veel meer: Kunnen we snel genoeg anders gaan denken omdat het er simpelweg al is en naar verwachting alleen maar verder zal ontwikkelen?