

KIVI webinar “gas naar waterstof” door Gasunie, 8 November 2023

Nagekomen reacties op vragen gesteld in de chatbox tijdens het webinar.

Q. Hoeveel groene waterstof productie is er nu werkelijk in Nederland (buiten laboratoria) ? klopt het dat 100% nog fossiel is ?

A. In Nederland is nu alleen een zeer kleine elektrolyser van 1 MW operationeel (HyStock – Gasunie), de facto is dus inderdaad 100% van de ongeveer 1,5 Megaton waterstof productie nog fossiel. In het klimaatakkoord is de ambitie aangekondigd om in 2025 500 MW te realiseren, 3-4 GW in 2030. In 2032 is 8 GW als doel gesteld. Bij 5000 uur zou 8 GW ongeveer 0,9 Megaton waterstof produceren. Bij ongeveer 2% van de waterstof productie in Nederland wordt nu CO₂-afvang toegepast (“blauwe waterstof”). Ook dat aandeel zal in de toekomst stijgen bij het in gebruik nemen van bijvoorbeeld Porthos en Aramis. In heel Europa is nu 143 MW elektrolyser operationeel. Er is 38 GW aan plannen voor groene waterstof in Europa aangekondigd. In de Europese REDIII regulering zal worden geëist dat de industrie in 2030 42% van hun waterstofverbruik vervangt door RFNBO (Renewable Fuels of Non-Biological Origin) en in 2035 60%.

Enkele nuttige referenties:

- Clean Hydrogen Monitor van Hydrogen Europe: https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/Clean_Hydrogen_Monitor_10-2022_DIGITAL.pdf
- Duitse elektrolyser monitor van Europese landen: <https://www.wasserstoff-kompass.de/elektrolyse-monitor>
- Waterstofkaart huidige en toekomstige waterstof projecten Nederland: <https://waterstofkaart.missieh2.nl/nl/>
- TKI Nieuw gas overzicht waterstof projecten: https://topsectorenergie.nl/documents/99/TKI_Nieuw_Gas-Overview_Hydrogen_projects_in_the_Netherlands_-_version_-_220627.pdf
- Topsector energie zoeken op waterstof: <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten>
- Routekaart waterstof: <https://www.nationaalwaterstofprogramma.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2339011>

Q. Wie is verantwoordelijk voor de distributie van H₂? Zijn dat de RNB's?

A. Het ligt wat mij betreft vooralsnog voor de hand dat hier dezelfde rolverdeling komt als die er ook is voor aardgas. In de “HyRegions” studie wordt gekeken naar de regionale uitrolstrategie voor waterstof, op soortgelijke wijze als dat voor de LNB is gedaan in de HyWay27 studie. Deze studie wordt nu in opdracht van het ministerie van Economische zaken, Netbeheer Nederland en HNS uitgevoerd. Hier komt deze vraag ook aan de orde.

Q. Hoe gevaarlijk is waterstof, ter overweging bij toepassing in de openbare ruimten in woonwijken en bedrijventerreinen?

A. Alle energie kan gevaarlijk zijn als deze ongecontroleerd vrijkomt. Het goed beheersen van de energie is dus cruciaal voor het veilig gebruik. Iedere energiedrager brengt zijn eigen gevaren met

zich mee, ook waterstof heeft zijn eigen gevaren, die anders zijn dan aardgas. Belangrijk is dat de veiligheid positief beïnvloed wordt door het kennen van de gevaren, een goed ontwerp en installatie van apparatuur en leidingen, het toevoegen van een odorant, en een juist gebruik. Een eenduidige kwantificatie van het gevaar nivo is moeilijk te geven omdat deze van veel factoren afhangt.

Ten opzichte van aardgas kun je grofweg stellen dat de explosiegevolgen groter kunnen zijn (grotere vlamsnelheid, grotere drukken), maar vaak ook kleiner (minder brandbare massa: waterstof is veel lichter dan aardgas en verdwijnt sneller, en de optimale (stoichiometrische) verbranding is pas bij 30%, voor aardgas is dat 10%), en er is geen risico op een koolmonoxide vergiftiging zoals bij aardgas (er ontstaat alleen waterdamp bij de verbranding).

In de waterstof pilots in de gebouwde omgeving die momenteel lopen wordt ook goed aandacht aan de veiligheid besteed. Goede inspectie en controle van de woning voor ingebruikname, afwezigheid van koken op waterstof, goede odorisatie van de waterstof, een druktest die automatisch iedere 24 uur wordt uitgevoerd om te bepalen of het waterstofsysteem lekdicht is zijn enkele van de maatregelen.

Enkele bronnen met meer informatie over de veiligheid van waterstof in de gebouwde omgeving:

- Netbeheer Nederland over gedrag van waterstof lekkages: https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Waterstof_56_770e4ce970.pdf
- Netbeheer Nederland over odorant in waterstof: https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Waterstof_56_7b849bc769.pdf
- Nederlands Instituut voor Publieke Veiligheid over veiligheid aspecten van waterstof in besloten ruimtes: <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2022/06/20201014-IFV-Veiligheidsaspecten-van-waterstof-in-een-besloten-ruimte.pdf>
- In het Nederlandse HyDelta onderzoekprogramma wat al jaren loopt wordt onder andere ook naar veiligheid gekeken: <https://hydelta.nl/>
- O.a. KIWA, grote schaal experimenten aan lekkages en explosies in woningen: <https://www.hy4heat.info/wp7>

Q. Wat zijn de flessenhalzen in vervoer van waterstof of ammoniak per schip?

A. Het vervoer van waterstof of waterstofdragers zoals ammoniak is nog in ontwikkeling. De ammoniak keten is commercieel het verst ontwikkeld, waarbij alleen het terug kraken van ammoniak naar waterstof nog relatief nieuw is. Voor alle ketens, zoals bijvoorbeeld ook LOHC en vloeibare waterstof wordt nu hard gewerkt aan het schaalvergroting en verbeteren van de technologie. Ik vermoed dat de beschikbaarheid van schepen die het waterstof vervoeren een flessenhals is, grote scheepswerven zijn er alleen in China, Korea en Japan, met aanzienlijke doorlooptijden. Maar bij het ontwikkelen van een keten kun je altijd verrast worden door een andere onverwachte flessenhals. Er word ook aan talloze andere waterstofdragers gewerkt, zoals synthetische methanol en LNG, of stoffen zoals natriumboorhydride. Die hebben weer andere flessenhalzen dan beschikbare schepen, zoals voldoende niet-fossiele CO2 om de groene waterstof aan vast te plakken, of minder uitontwikkelde technologie. Enkele bronnen over import van waterstof en de stand van de technologie:

- IRENA technologie waterstof import: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_Global_Trade_Hydrogen_2022.pdf

- IRENA waterstof en geopolitiek: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA_Geopolitics_Hydrogen_2022.pdf
- ISPT HyChain 2: <https://ispt.eu/projects/hychain/>

Q. De elektrolyser efficiënties, geldt dat ook andersom?

A. Ik vermoed dat deze vraag de efficiëntie van brandstofcellen betreft, waar waterstof wordt omgezet in elektriciteit. Bij vollast ligt de (onderwaarde) elektrische efficiëntie afhankelijk van het type brandstofcel tussen de 40% en 60% (<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/articles/fuel-cells-fact-sheet>), bij praktische gebruik in een vrachtwagen iets boven de 40% (<https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/fuel-cell-tractor-trailer-tech-fuel-1-jul22.pdf>). Net zoals bij elektrolyzers is de efficiëntie iets hoger bij deellast. Als de vrijkomende warmte nog nuttig gebruikt kan worden dan stijgt de totale efficiëntie, zoals auto's die rijden in koud weer, of inzet van een brandstofcel als een micro-WKK in een gebouw (denk aan 75% tot 95%).

Q. Kunnen de vollasturen voor een elektrolyser worden verhoogd door de toepassing van een batterij?

A. De accu's hebben (bij maximaal vermogen) maar een korte werkingstijd van ongeveer 4 uur, terwijl elektrolyzers onbeperkt ingezet kunnen worden, en de wind soms een week een grote kracht heeft. Bij de North Sea Wind Power Hub is gekeken naar de meest kosten efficiënte combi accu's en elektrolyse (en offshore wind). Accu's zijn efficiënt, en worden dus preferentieel gebruikt, wat in eerste instantie een heel klein beetje ten koste gaat van de bedrijfstijd van de elektrolyzers. Wanneer het transport van elektriciteit limiteert, gaan de accu's juist de vollasturen van een elektrolyser een heel klein beetje verhogen. Het netto effect op de vollasturen is ongeveer 0. Hoe deze gedetailleerde uurberekeningen zouden uitpakken bij een zonneweide weet ik niet.

Q. Hoe denk je over de veiligheid van het gebruik van gasleidingen tov waterstof dat gemakkelijker kan lekken en explosief is ?

A. Uiteraard worden waterstofsysteem zo ontworpen en gebruikt dat er normaal geen lekken optreden. Transport per ondergrondse leiding behoort tot de veiligste manieren om gevaarlijke stoffen te vervoeren, en is bovendien streng gereguleerd qua risico's voor de omgeving. Ten aanzien van de integriteit van de stalen leidingen en de diffusie van het tot atomen gesplitste waterstof molecuul (het waterstof molecuul zelf kan niet door staal heen diffunderen) heb ik al in de presentatie opgemerkt dat hier alleen goed moet worden gekeken naar de versnelde vermoeiing van scheurtjes ten gevolge van het waterstof. Naast het type staalsoort, is het managen van het aantal en diepte van de drukwisselingen in de leiding een manier om dit onder controle te houden. De permeatie van waterstof door het staal heen (waterstof molecuul splitsen tot atomen, door het staal heen diffunderen, en weer recombineren tot molecuul) is uiterst minimaal, en bedraagt voor een stalen aardgasleiding 1,7 m³/jaar per kilometer leiding.

Stel dat we toch een klein gaatje hebben, en we vergelijken de lekkage van aardgas met waterstof (bij dezelfde achterliggende druk), dan zien we dat er qua volume (m³) ongeveer 3 keer meer waterstof ontsnapt dan aardgas, qua massa (kilogram) dat er ongeveer 3 keer minder waterstof ontsnapt, en qua energie dat er gelijke hoeveelheden ontsnappen. Dit komt omdat waterstof 8 keer

lichter is dan aardgas, maar per kilogram 3 keer meer energie bevat. De externe effecten van brand en explosie zijn deels verbonden met de totale energie, terwijl de kans op ontsteking verbonden is aan de volumes, (onderste) verbrandingsgrenzen (gelijk aan aardgas), de dispersie (waterstof is veel lichter dan aardgas en waardoor er minder gas zich ophoopt bij goede ventilatie) en ontstekingsenergie van waterstof (die erg laag is).

Enkele referenties die veel dieper ingaan op verschillen tussen waterstof en aardgas en de risico's van waterstof:

- Experimenteel onderzoek aan gaslekkages: <https://www.hy4heat.info/s/gas-escape-freq-and-mag.pdf>
- Netbeheer Nederland over verschil risico aardgas en waterstof: https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Waterstof_56_770e4ce970.pdf
- Europese EGIG rapportage over ongeplande gasontsnappingsen in leidingen: <https://www.egig.eu/>
- National Waterstof Programma webinar over veiligheid waterstof: <https://www.nationaalwaterstofprogramma.nl/actueel/nieuws/2493680.aspx>
- ISPT over industriële veiligheid van waterstof: <https://ispt.eu/media/01112023-ISPT-Public-Report-Safety-Aspects-of-Green-Hydrogen-Production-on-Industrial-Scale-1.pdf>
- Drukwisselingen en versnelde scheurgroei ten gevolge van waterstof: <https://asmedigitalcollection.asme.org/IPC/proceedings-abstract/IPC2022/86564/V001T08A003/1154835>
- Permeatie van waterstof door leidingen: <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2022/06/20201014-IFV-Veiligheidsaspecten-van-waterstof-in-een-besloten-ruimte.pdf>

Q. Besluitvorming op basis van marktprijzen is dat verstandig: Woekerwinsten, BTW, energiebelasting etc. verstoord beeld op echte kosten of niet?

A. In de presentatie zijn groothandel kostprijzen getoond, marktprijzen kunnen hier zowel onder als boven zitten. In een vrije markt wil de producent zijn investering en genomen risico's op hun productie van groene waterstof liefst met winst terugverdienen, en de consument wil liefst lage prijzen. In zijn algemeenheid kunnen subsidies op verschillende plekken in de keten gegeven worden (wat effecten heeft op de prijs), zowel aan de producent (bijvoorbeeld SDE+) als de consument (NMDA, kortingen op apparaten). Duurzame energie wordt nu vaak vrijgesteld van belastingen. De combinatie van geven van subsidies én heffen van belastingen ligt niet voor de hand, maar de politiek bepaalt hier sterk wat er gebeurt. Vaak wordt over de groothandelsprijs van waterstof gesproken, waarbij de consument nog aanvullende kosten maakt voor de distributie en bijvoorbeeld aanpassingen van hun gebruiks- en meetapparatuur. Lange termijn contracten kunnen beschermen tegen excessieve prijzen. Bij H2Global bijvoorbeeld (<https://www.h2global-stiftung.com/>), wordt de waterstof gezamenlijk voor lange termijn ingekocht, waarbij de producent zekerheid heeft van gegarandeerde afname, en de inkoopende partij zekerheid van een vaste productieprijs. In Europa wordt hard gewerkt aan de bouw van een waterstofnetwerk (<https://ehb.eu/>). Een netwerk verbindt veel producenten, consumenten en opslagfaciliteiten met elkaar, zodat de marktprijs minder pieken en dalen heeft (minder volatiel). Recent is een waterstof calculator beschikbaar gekomen die een beeld schetst van de mogelijke groothandelsprijs ontwikkelingen van waterstof (<https://www.h2calculator.com/>).

Q. En het diffunderen vanuit de opslagcavernes?

A. Voor opslag van waterstof in zout cavernes is al bewezen dat dit veilig kan (waterstof lekt niet weg, ondanks dat het een klein molecuul is). Met name zout vormt een zeer goede afsluitende laag (hoge druksterkte en kruipgedrag heelt breuken). Er zijn in de wereld verscheidene waterstof cavernes. En in het verleden is ook stadsgas opgeslagen in oude gasvelden, waarbij bepaalde rotslagen (veelal klei) de afsluitende laag vormen. Stadsgas werd destijds gemaakt uit steenkool en bevat veel waterstof (en zelfs nu nog wordt stadsgas in Hongkong gebruikt, maar dan gemaakt uit geïmporteerde olie). Voor concrete waterstof opslag projecten zal overigens altijd ook weer concreet gekeken moeten worden in hoeverre de waterstof niet kan ontsnappen, hetzij via de afsluitende laag (voldoende dik en voldoende geschikte afdekkende laag of zoutlaag), of langs de boorput (is de engineering goed gedaan). De integriteit van de boorput wordt als het belangrijkste onderdeel beschouwd van waterstofopslag ten aanzien van de lekkage. Materiaal keuze (o.a. staalsoort) en cement (micro-scheuren) zijn hier belangrijke elementen bij een goed ontwerp.

Enkele nuttige referenties:

- IEA over ondergrondse waterstofopslag: https://www.ieahydrogen.org/download/17/task-reports/7067/task42_uhs_technologymonitoringreport.pdf
- HyStock integriteit test boorput: <https://www.hystock.nl/over-hystock/demonstratie-waterstofopslag-a8>
- TNO inventarisatie risico's waterstof opslag in vergelijking met aardgas opslag: <https://publications.tno.nl/publication/34637695/1RqPrg/TNO-2020-R12005.pdf>

Q. Ik hoorde voor de historische panden zeggen groen waterstof icm hybride warmtepompen? Klopt dit of werd er groen gas bedoeld?

A. Groen gas in combinatie met hybride warmtepompen is bedoeld.

Q. Nog een efficiency-vraag: Hoe zit dat met het maken van ammoniak uit waterstof

A. Via het klassieke uit 1909 stammende Haber-Bosch proces wordt momenteel ammoniak uit waterstof gemaakt, wat een efficiëntie van ongeveer 80% heeft (theoretisch maximum: 83%). Daarnaast vind er ook onderzoek plaats aan andere innovatieve productiemethoden (elektrochemische productie van ammoniak: Solid State Ammonia Synthesis).

Enkele referenties:

- IRENA hernieuwbare ammoniak: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/May/IRENA_Innovation_Outlook_Ammonia_2022.pdf
- Ammoniaenergy.org over de keten efficiëntie van de hele ammoniak keten: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/round-trip-efficiency-of-ammonia-as-a-renewable-energy-transportation-media/>