



WATERSTOF MAAKT OPGANG

TEKST Erik te Roller

De nieuwe waterstofeconomie wortelt in de oude economie. Nergens is dat beter zichtbaar dan op Industriepark Kleefse Waard in Arnhem. Hier produceerde AkzoNobel vroeger kunstvezels. Tegenwoordig huisvesten de opgeknapte fabrieksgebouwen uit de jaren veertig jonge bedrijven die zich richten op schone technologie.

Twee van die jonge bedrijven, Nedstack en Hyet Solar, zijn destijds in de laboratoria van AkzoNobel geboren en leveren een bijdrage aan de energietransitie. Ook Gasunie en TNO, vanouds vooral gericht op fossiele energie, werken aan nieuwe toepassingen van waterstof en maken de draai naar duurzame energie. Komt de waterstofeconomie er nu echt aan?

"Strikt genomen is er al een waterstofeconomie", zegt Ulco Vermeulen, lid van de raad van bestuur van Gasunie. "De industrie maakt op grote schaal gebruik van waterstof, bijvoorbeeld om zware oliefracties op te breken in lichtere of om kunstmest en andere chemicaliën te maken. Dat is natuurlijk niet zo zichtbaar voor de consument. Die denkt bij waterstof vooral aan duurzaam geproduceerde waterstof voor auto's en niet aan de 'grijze' waterstof van de industrie, gemaakt van aardgas. Vaststaat dat waterstof nog belangrijker zal worden, zowel voor industrie als mobiliteit, en tegelijk steeds duurzamer."

"De ideeën over de rol van waterstof bij de energietransitie zijn de laatste vijf jaar veranderd", constateert Marcel Weeda, senior onderzoeker op het gebied van energietransitie bij TNO. "Eerst dachten we alleen aan windparken om duurzaam elektronen te maken en aan waterstof om die elektronen zo nodig tijdelijk op te slaan. Inmiddels beseffen we dat elektriciteit maar een deel van de energievoorziening is. Als we in 2050 bijna honderd procent minder CO₂ willen uitstoten dan in 1990, dan moet de industrie ook de moleculen 'vergroenen' met behulp van zonne- en windenergie en geen fossiele brandstoffen en grondstoffen meer gebruiken. Waterstof speelt hierbij een sleutelrol."

"Lange tijd werd biomassa gezien als het enige alternatief voor olie en gas in de industrie", vervolgt Weeda. "Maar de vraag is of daarvan genoeg beschikbaar is en of het werkelijk een duurzaam alternatief is. Een andere mogelijkheid is om koolstof in een cyclus te houden, dus de koolstof uit kunststoffen te hergebruiken. Een klein deel gaat verloren en is aan te vullen met koolstof van biomassa. Om alles in een cyclus te houden moet er op bepaalde plaatsen steeds waterstof bij. Waterstof neemt dus ook bij de groene productie een belangrijk plaats in."

Dalende kosten

Is waterstof niet veel te duur? Vermeulen: "Grijze waterstof is nu het goedkoopst. Die maak je uit aardgas, waarbij de vrijkomende CO₂ de lucht in gaat. 'Blauwe' waterstof maak je ook op basis van aardgas, maar daarbij vang je de CO₂ af en sla je die vervolgens op, zodat deze waterstof klimaatneutraal is. Blauwe waterstof is momenteel twee à drie keer zo duur als grijze waterstof. 'Groene' waterstof maak je met behulp van groene elektriciteit en elektrolyse uit water. Deze is nu twee tot drie keer zo duur als blauwe waterstof. We verwachten echter dat de kosten van elektrolyse in de komende tien jaar met tweederde zullen dalen en veronderstellen dat de kosten van hernieuwbare energie ook nog flink omlaag gaan, waardoor groene waterstof over tien of vijftien jaar gaat concurreren met blauwe waterstof en dus in de industrie aan een opmars kan beginnen. Zeker ook als je bedenkt, dat de prijs van fossiele brandstoffen met komende jaren steeds verder zal oplopen, evenals die van CO₂."

Weeda: "De productie van waterstof op basis van duurzame elektriciteit kan op grote schaal concurrerend zijn. Op het ogenblik hebben de zogenoemde electrolyzers een vermogen van vijf à tien megawatt, dat is veel te weinig. Voor grootschalige elektrolyse moeten we naar electrolyzers van enkele honderden megawatts. Je kunt kleine *electrolyzers* wel parallel schakelen, maar dan heb je relatief veel aansluitingen en randapparatuur nodig en ben je veel te duur uit."

Kip-ei-situatie

"Met de introductie van waterstofauto's en waterstofstations hoeven we in Nederland niet te wachten op groene waterstof", meent Pieter Veltman van Hyet Hydrogen, een zusterbedrijf van Hyet Solar. Het Arnhemse bedrijf maakt compressoren zonder bewegende delen, die waterstof bij tankstations in één keer op een druk van tegen de negenhonderd bar kunnen brengen. "Zelfs grijze waterstof heeft een lagere CO₂-voetafdruk dan benzine en diesel. Groene waterstof maakt het nog veel duurzamer. Als we de klimaatdoelen willen halen, dan moeten we waterstof ook inzetten voor vervoer en transport. Dat vergt ook veel minder investeringen in de infrastructuur. Als iedereen elektrisch gaat rijden, dan hebben we een veel zwaarder elektriciteitsnet nodig. Dat vergt hoge investeringen. Waterstof vraagt alleen wat aanpassingen bij bestaande tankstations. En het tanken duurt maar een paar minuten."

Bij waterstofauto's is echter sprake van een kip-ei-situatie: in Nederland zijn nog maar enkele tankstations waar een automobilist waterstof kan tanken. Wil de aanschaf van een waterstofauto een optie zijn, dan moet iemand op veel meer plaatsen waterstof kunnen tanken. Maar de gemiddelde pomphouder zal niet in waterstof investeren als dat tien jaar van aanloopverliezen oplevert en pas als er meer waterstof auto's op de weg zijn winstgevend zal zijn. Veltman: "Je hebt een kritische massa van waterstofauto's nodig en een kritische massa van infrastructuur. Dat laatste is alleen te bereiken als de overheid dat financieel stimuleert. Zijn er eenmaal voldoende tankstations, dan kan de overheid bovendien de busmaatschappijen verplichten waterstofbussen in te voeren en eisen dat het vrachtovervoer in de stad overgaat op waterstof of elektriciteit."

Waterstofbussen

Eén land wacht zeker niet af met waterstof: China. De joint venture Huahe van de Arnhemse bedrijven Nedstack en Hymove, en het Chinese Huaxia heeft al tweehonderd zogeheten stacks verkocht aan fabrikanten van bussen en vrachtwagens in China. Een stack bevat doorgaans zeventig en soms negentig brandstofcellen. In een bus gaan drie stacks van tien kilowatt met een vermogen van totaal dertig kilowatt. Een lange bus heeft er zes van, goed voor zestig kilowatt. Arnoud van de Bree, directeur van Nedstack, dat de brandstofcellen produceert, wijst op de voordelen van waterstof. "Een gewone elektrische bus van twaalf meter kan met een accu van 3.000 kilogram 250 kilometer rijden. Daarna moet je die opladen. Dat kost vijf tot zes uur. Met een stack erbij kun je met een kleinere accu toe. Dat bespaart achthonderd kilogram aan gewicht en levert extra ruimte op, waardoor je tien tot twaalf passagiers extra kan meenemen. Je kunt dan 450 in plaats van 250 kilometer halen. Daarna kost het tanken vijf minuten en kun je weer 450 kilometer rijden."

Windvermogen op zee

Al die groene waterstof en elektriciteit voor de industrie en het vervoer vergen flink wat windvermogen op zee. Vermeulen verwacht dan ook niet dat de voor 2030 geplande zeven gigawatt aan vermogen van windturbines op het Nederlandse deel van de Noordzee voldoende zal zijn. "Als we de elektriciteit ook willen kunnen benutten voor de productie van groene waterstof, dan moet er op zee een twee keer zo groot vermogen komen. Bij Gasunie denken we aan vijftien gigawatt, waarvan drie tot vijf gigawatt voor de productie van groene waterstof. Er zijn ideeën voor eilanden in de Noordzee met windturbines, waar waterstof ter plekke te produceren is en via pijpleidingen kan aanlanden bij Rotterdam, IJmuiden of de Eemshaven. De waterstof kan dan via bestaande gasleidingen zijn weg vinden naar de industrie."

Huiswarmte

Ziet Gasunie ook mogelijkheden om huizen met waterstof te verwarmen? "Het belangrijkste is dat de huizen straks niet meer met fossiele brandstoffen worden verwarmd. Dat kan op verschillende manieren, zoals met elektriciteit en warmtepompen. Waterstof zou een optie kunnen zijn, maar de industrie, het zwaar transport en transport voor de lange afstand vormen de grootste markt voor waterstof. Verder kan waterstof dienen als brandstof voor kleine, elektrische centrales die dips in de duurzame elektriciteitsproductie kunnen opvangen. Eerlijk gezegd denken we eerder aan groen gas dan aan waterstof als vervanger van fossiel aardgas. Verder verwachten we binnen tien tot vijftien jaar een substantieel deel van het aardgasnet te kunnen overzetten op blauwe of groene waterstof voor afzet in de industrie", aldus Vermeulen.

Waterstofprojecten in Nederland

Groningen

Het Zweedse Vattenfall, moederbedrijf van Nuon, en het Noorse olie- en gasconcern Equinor (voorheen Statoil) willen de Magnumcentrale bij de **Eemshaven (1)** in Groningen voor een deel op blauwe waterstof laten draaien. Equinor levert het benodigde aardgas voor een installatie in de Eemshaven die het aardgas omzet in waterstof en CO₂. Na het afvangen van de CO₂ gaat dit met een schip naar Noorwegen voor ondergrondse opslag.

Bij de aardgasbuffer Zuidwending nabij **Veendam (2)** experimenteren Gasunie New Energy en zusterbedrijf EnergyStock met het produceren van waterstof in een kleine elektrolyse-installatie

van één megawatt en met het opslaan van de waterstof. Verder bestuderen Gasunie en Tennet de mogelijkheid om de stroomvoorziening te balanceren door een elektrolyse-installatie 'harder' of 'zachter' te zetten. Dat laatste onderzoek is vooral een modelstudie.

AkzoNobel Specialty Chemicals en Gasunie New Energy onderzoeken de mogelijkheden om met behulp van groene elektriciteit op grote schaal waterstof te produceren. Ze denken hierbij aan een elektrolyse-installatie van twintig megawatt en zien dat als tussenstap op weg naar een installatie van meer dan honderd megawatt. Ter vergelijking: de tot nu toe grootste elektrolyse-installatie in Europa heeft een vermogen van tien megawatt en een gemiddeld elektriciteitscentrale vijfhonderd tot duizend megawatt. Dit biedt het chemiecomplex **Delfzijl (3)** de kans om helemaal te vergroenen.

Zuid-Holland

In **Rotterdam (4)** bereiden Air Liquide, AkzoNobel Specialty Chemicals, het Canadese Enerkem en het Havenbedrijf Rotterdam de bouw van een fabriek voor, die 360.000 ton afval met waterstof als aanvulling zal kunnen omzetten in 220.000 ton van de chemische bouwsteen methanol. Dit bespaart de uitstoot van 300.000 ton CO₂ per jaar. In de loop van het jaar beslissen de partners of de bouw doorgaat.

Het Zuid-Hollandse eiland **Goeree-Overflakkee (5)** wil proeftuin worden voor groene waterstofprojecten. Hiertoe hebben 28 overheden, kennisinstellingen en bedrijven, waaronder Siemens, Yara, Gasunie, Hyundai en Toyota in december een convenant getekend. Het idee is dat windmolens, zonneparken en een getijdencentrale het eiland meer dan twee keer zoveel stroom kunnen leveren dan de 50.000 inwoners nodig hebben en dat die extra stroom kan dienen voor de productie van waterstof.

Zeeland

In **Zeeuws-Vlaanderen (6)** zet Gasunie een traditionele aardgasleiding om naar een waterstofleiding, die later gecompriëerd waterstofgas van chemiebedrijf Dow in **Terneuzen** naar kunstmestproducent Yara in Sluiskil zal transporteren.

Noord-Brabant

In Noord-Brabant werken verschillende bedrijven, AutomotiveNL (clusterorganisatie van de Nederlandse automotive-industrie) en de Technische Universiteit Eindhoven aan toepassingen van waterstof. Het bedrijf E-Trucks in **Westerhoven (8)** levert vuilniswagens die op waterstof kunnen rijden aan diverse gemeenten. Er wordt in **Oosterhout (7)** voorziet truckers van een elektrische aandrijving en een *range extender* met lpg als brandstof. In de toekomst kan dat ook waterstof zijn. Verder experimenteren VDL en DAF Trucks met waterstofaandrijving. De waterstoftechnologie is in feite volwassen, maar de waterstof nog te duur.

Limburg

Op de Chemelot-campus in **Geleen (9)** gaan onderzoekers met behulp van een proefabriek na of er mogelijkheden zijn om het elektrolyseproces voor de aanmaak van waterstof efficiënter te maken.

Gelderland

Arnhem (10) telt vijf bedrijven die actief zijn met waterstof: Nedstack (brandstofcellen), Hymove (range extenders), Hyet Hydrogen (compressoren voor waterstof), Hygear (leverancier en distributeur van waterstof) en MTSA Technopower (installateur van brandstofcellensystemen).

Traploos comprimeren

Een waterstofauto bevat een tank met waterstofgas onder een druk van zevenhonderd bar. Vlot tanken vraagt om een druk van 875 bar. Hyet Hydrogen, een Arnhemse bedrijf met vijftien mensen, is in 2009 begonnen met het ontwikkelen van zogeheten elektrochemische compressoren, die waterstof in één keer tot wel negenhonderd bar kunnen samenpersen. Conventionele compressoren hebben daarvoor minstens twee stappen nodig. Bij de Hyet-compressor staat een elektrische spanning over een membraan, die waterstofmoleculen dwingt zich te splitsen in protonen. Die gaan vervolgens door het membraan en herenigen zich aan de andere kant tot zuivere waterstofmoleculen bij een veel hogere druk. Conventionele compressoren bevatten bewegende delen, maar mogen geen smeerolie bevatten. Als de waterstof sporen van smeerolie bevat, raakt de brandstofcel namelijk beschadigd. Geen smeerolie betekent extra slijtage, meer onderhoud en een grotere kans op storingen. Daarom is Shell Ventures onlangs in Hyet Hydrogen gestapt om het bedrijf te helpen vaart te geven aan de productie en afzet van zijn compressoren voor tankstations in met name Duitsland en Californië.

Verbeteren van elektrolysecellen

Onderzoeksorganisatie TNO werkt op diverse gebieden aan waterstof. Zo bestuderen onderzoekers hoe de prestaties van elektrolysecellen na verloop van tijd achteruitgaan. Op basis van die kennis kunnen fabrikanten betere elektrolysecellen ontwikkelen. Ook heeft TNO kennis van de ondergrond in Nederland en adviseert het Staatstoezicht op de Mijnen over de eventuele ondergrondse opslag van waterstof. Verder voert TNO veiligheidsanalyses uit, bijvoorbeeld om de risico's voor de omgeving in kaart te brengen van tankstations met waterstof en advies te geven over veiligheidsmaatregelen. Daarnaast doet TNO allerlei omgevingsstudies uit naar technologie en integrale energiesystemen.

Brandstofcellen voor bussen en vrachtwagens

Het Arnhemse bedrijf Nedstack is in 1999 als spin-off van AkzoNobel begonnen met het ontwikkelen en produceren van brandstofcellen, die waterstof omzetten in elektriciteit. Het bedrijf levert installaties van een à twee megawatt aan grote bedrijven, die waterstof als bijproduct hebben en hiermee elektriciteit willen opwekken. Een veelbelovende en groeiende markt is die van zogeheten *stacks* voor bussen, trucks en de marine. Een stack bevat meestal 75 brandstofcellen en levert tien kilowatt aan gelijkstroom. Na 20.000 uur (circa drie jaar full time) zijn de brandstofcellen toe aan schoonspuiten en grondig reviseren. Nedstack, dat 25 mensen telt, exporteerde vroeger naar China, maar hoopt ook in Nederland voet aan de grond te krijgen. Het wachten is alleen nog op overheidsbeleid gericht op de introductie van waterstofbussen en -trucks.

Waterstof tanken bij Shell

Shell maakt een begin met de aanleg van een netwerk van waterstofstations in Nederland. Het gaat in eerste instantie om vier Shell-stations*: twee in de regio Amsterdam, één in Den Haag en één in Pesse (Drenthe). Het is de bedoeling dat uiterlijk begin 2020 waterstof verkrijgbaar is op deze stations.

Shell wil een actieve rol spelen in de transitie van het Nederlandse energiesysteem en onderzoekt daarom de mogelijkheden voor nieuwe activiteiten. "Elektrische mobiliteit, zowel waterstof-elektrisch als batterij-elektrisch, is hier een voorbeeld van", zegt Marjan van Loon, president-directeur Shell Nederland. "We werken al aan een netwerk van snellaadpunten in Nederland en nu zijn we ook betrokken bij de aanleg van een netwerk van waterstofstations."

Het enige restproduct van rijden op waterstof is waterdamp uit de uitlaat. Waterstof geproduceerd uit duurzame energiebronnen, zoals wind- of zonne-energie, is zelfs CO₂-neutraal over de gehele keten. Bovendien is elektrisch rijden een stuk stiller.

Een ander voordeel is dat - net als bij de huidige manier van tanken - in drie à vier minuten een waterstoftank volledig te vullen is. Terwijl daarmee vervolgens een brieke stations, twee in de regio Amsterdam en één bij Shell Green Planet in Pesse, Drenthe.

* Inmiddels gaat het om drie stations, twee in de regio Amsterdam en één bij Shell Green Planet in Pesse, Drenthe.

