



# Niet het molecuul, maar de toegevoegde waarde van waterstof moet tellen!

## Energie uit atoomnummer één

**De redactie volgde onlangs een interessant webinar door Duitse energiedeskundigen. De boodschap: als wij de wereld van de ondergang willen redden, moeten we koolstof (het belangrijke element in fossiele brandstoffen en CO<sub>2</sub>) links laten liggen.**

Auteur: Broer de Boer

Zo langzamerhand weten we allemaal dat elektriciteit uit kolencentrales niet de duurzaamste manier is om een voertuig of graafmachine te laten werken. Volgens cijfers van Duurzaam Bedrijfsleven heeft circa 80 procent van de in Nederland opgewekte elektriciteit aardgas of steenkool als bron. Wat betekent dit als we hiermee méér waterstof (H<sub>2</sub>) willen

produceren? Het gebruik van deze fossiele bronnen daalt niet, maar stijgt juist en daardoor neemt de Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot toe. Dat is de reden dat 'Brussel' in september een streep zette door minister Wiebes' plannen om de Nederlandse H<sub>2</sub>-productie te subsidiëren. H<sub>2</sub>-productieprocessen – waaronder elektrolyse – vreten energie, waarvoor wij nu nog vooral fossiele brandstoffen gebruiken.

### **Behoeft**

Wat leer je tijdens zo'n webinar? Allereerst dat de wereldwijde energiebehoefte steeds groter wordt. Grote afnemers zijn de staalindustrie, de chemiesector, de cementindustrie en gebruikers in de gebouwde omgeving. Ook transportsportmiddelen en mobiliteit vragen steeds meer energie. Het is opletten dat vraag en aanbod niet uit de pas gaan lopen. De sprekers waarschuwden zelfs voor het gebruik van (door H<sub>2</sub>) opgewekte elektriciteit voor auto's en gebouwen. 'Het gaat in de waterstofeconomie niet om het molecuul H<sub>2</sub> zelf, maar om de toegevoegde waarde die het kan geven.' Daar gaven ze een mooi voorbeeld van: er zijn meerdere wegen die leiden naar de productie van H<sub>2</sub>-moleculen, maar er is een groot verschil in efficiëntie in de industrie, de gebouwde omgeving, in de mobiliteit en bij het gebruik als

e-fuel voor vliegtuigen en schepen. Waterstof kun je op veel manieren gebruiken: als grondstof voor chemische producten, bijvoorbeeld om ammoniak of methanol te produceren, of als brandstof voor industriële processen die veel hitte nodig hebben. Er komen al steeds meer toepassingen (zie kader).

### Productie

Er zijn vier hoofdroutes om vijf kleuren H<sub>2</sub> te produceren, zoals uit onderstaande tabel blijkt. Wat ziet u in deze tabel? De productie van groene H<sub>2</sub> kent geen directe CO<sub>2</sub>-emissie, is kostbaar en levert zeer zuivere H<sub>2</sub> op. Volgens deskundigen is het drie- tot viermaal zo duur als de productie van grijze waterstof. Momenteel is vrijwel alle wereldwijd geproduceerde waterstof zogeheten grijze waterstof. Die is goedkoop in productie en rijk aan uitstoot van broeikasgassen. Bij *steam methane reforming* of stoomreforming transformeert stoom (H<sub>2</sub>O) onder hoge druk met aardgas (CH<sub>4</sub>) tot H<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>. Als je hierbij de kooldioxide afvangt en opslaat, spreekt men van blauwe waterstof. Dit is een belangrijke methode om de industrie te 'decarboniseren'. Turquoise waterstof ontstaat als je aardgas door een gesmolten metaal leidt. Hierbij komt zowel waterstofgas als vaste koolstof vrij. Dat laatste kun je toepassen in bijvoorbeeld autobanden. Elektrolyse met behulp van elektriciteit uit kernreactoren levert de minste broeikasgassen op en is verreweg het voordeligst; deze waterstof draagt de kleurcode paars.

De bestaande electrolyzers werken niet allemaal efficiënt. Dat bleek uit de presentatie van

- In Breda rijden gemeentevervoertuigen op waterstof.
- In Groningen rijdt het openbaar vervoer deels op waterstof.
- Akzo Nobel in Delfzijl zet Nedstack-brandstofcellen in om energie uit waterstofgas te halen.
- Netbeheerder Stedin experimenteert in Rotterdam met H<sub>2</sub> voor verwarming van woningen.
- Toyota ontwikkelde een H<sub>2</sub>-aangedreven schip; het molecuul wordt uit zeewater gewonnen.
- Een Sloveense vliegtuigfabrikant ontwikkelde een vierpersoonsvliegtuigje dat op H<sub>2</sub> vliegt.
- In Zweden werkt een staalfabriek met op waterkracht geëlektrolyseerde H<sub>2</sub>.
- Airbus toonde onlangs conceptontwerpen van drie passagiersvliegtuigen met waterstof als primaire krachtbron.
- Dertig aannemers hebben plannen om Hyundai-waterstofgraafmachines aan te schaffen.
- De Belgische John Cockerill Group investeert 100 miljoen euro in elektrolyseapparatuur.
- Shell opent een waterstofstation: Den Ruygenhoek nabij Hoofddorp.
- Waterstofauto's: Toyota produceert de Mirai en Hyundai Nexa.

En zo zijn er legio voorbeelden van toepassingen die deze aarde richting waterstofeconomie stuwten. Naast groene waterstof bestaat daarvoor ook grijze, blauwe, turquoise en paarse waterstof.

Jan Freymann van Sunfire GmbH. De capaciteit van gesubsidieerde pilots is 1-10 megawatt. Om een land van CO<sub>2</sub>-vrije waterstof te voorzien, moeten electrolyzers met een factor 1000 opgeschaald worden naar het gigawatt-niveau. Transport van waterstofgas of eventueel bijmengen in het bestaande aardgasnetwerk biedt mogelijkheden. Daarbij het wel van belang om te bepalen welke energiedrager (groen, grijs, blauw, turquoise of paars) je waarvoor wilt gebruiken. Inleidster Veronika Grimm van de Council of Economic Experts was over één ding heel duidelijk: het personenvervoer zou stelselmatig moeten overschakelen op elektrische auto's op batterijen; het goederenvervoer moet gebeuren met elektrische vrachtwagens die gevoed worden door stroom uit brandstofcellen die op waterstof werken.

Ook gaf ze aan dat de politiek heel goed naar de wijze van certificeren van waterstofgas moet kijken.

### Nabije toekomst

Groot-Brittannië wilde de toelating van – nieuwe – fossiele verbrandingsmotoren aanvankelijk in 2040 in de ban doen, maar dat wordt 2030! Er zijn al experimenten met vliegtuigen op waterstof. En in de Amerikaanse staat Californië moeten over vijftien jaar, in 2035, alle nieuw verkochte auto's emissievrij zijn. Vanaf 2045 geldt dat ook voor vrachtwagens. Er draait in Nederland al een kraan die op waterstof loopt, geproduceerd met elektriciteit van een zonnepark, en in Noord-Nederland is een bedrijf dat auto's ombouwt naar H<sub>2</sub>-brandstofceltechniek.

Terminologie vlg. EU	Duurzame, schone H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> met fossiele basis	H <sub>2</sub> op fossiele basis met CO <sub>2</sub> afvang		Nucleaire waterstof
<b>Bron</b>	Wind, zon, waterkracht	aardgas, olie en kolen	aardgas	aardgas	Nucleaire energie
<b>Proces</b>	Electrolyse	Stoomreforming	Stoomreforming/CO <sub>2</sub> opslag Methaanpyrolyse		Electrolyse
<b>Industrieel jargon</b>	Groen	Grijs	Blauw	Blauwgroen	Paars
<b>Directe broeikasgassen</b>	Nihil	Hoog	Laag, niet nihil		Vaste CO <sub>2</sub> Nihil
<b>Indirecte broeikasgassen</b>	Situatie afhankelijk	Methaan lekkage	Methaan lekkage	Methaan lekkage	Nihil
<b>Kosten (productie en ondersteuning)</b>	Hoog	Laag	Medium	Hoog	Laag

### Kranen van Hyundai

Wanneer zijn we in onze sector zover? We vragen het Nico Jacques, werkzaam bij importeur Van der Spek. Recentelijk haalde deze onderneming de pers met het bericht dat meer dan dertig aannemers van plan zijn om een waterstofgraafmachine van Hyundai aan te schaffen. De importeur ging hiermee naar de fabrikant, die instemde om ermee aan de slag te gaan. Volgens de importeur zijn de machines op zijn vroegst over drie jaar leverbaar en hij waarschuwt om niet de stage V-stap over te slaan. Nico Jacques: 'Het zou zonde zijn als we in afwachting van waterstof eindeloos blijven doorwerken met vervuilende stage III-diesels. Het is voor mij een open vraag wanneer traditionele verbrandingsmotoren zullen worden uitgefaseerd. Net als bij elektrisch werken moet er namelijk budget zijn bij de overheid om met waterstof te werken. Waterschappen zijn daarin wat stoerder dan lagere overheden. Het gaat uiteraard om het terugdringen van emissies.' Jacques schat dat het gebruik van waterstof te realiseren is voor machines vanaf 8000 kg. 'Maar afhankelijk van de accuwisselpakketten zie ik ook wel machines tot 30.000 kg op accu's draaien. H<sub>2</sub>-tankstations en zware pakketten met wisselaccu's vormen nu nog hindernissen. Daarnaast moeten er voldoende opdrachten zijn om met deze H<sub>2</sub>-machines te werken, willen aannemers daarin investeren. Wij proberen als Van der Spek de belangstelling aan te wakkeren, met onze uitvraag bij de fabrikant voor inmiddels 50 belangstellenden voor waterstofkranen. In Zwitserland en Scandinavië worden

overigens ook grote slagen gemaakt in de waterstofeconomie.'

Volgens Jacques is er zeker belangstelling voor de waterstofeconomie in onze sector. 'Maar onbekend maakt onbemind. H<sub>2</sub>-opslagtanks ervaart men als gevaarlijk en de productie ervan zou moeten gebeuren met groene stroom', meent Jacques. 'En dat past. Er wordt nu al geklaagd over overcapaciteit van groene stroom (zonnepanelen/windmolens, red.) op bepaalde momenten; het elektriciteitsnet is er niet op berekend. Helaas is het productierendement van groene H<sub>2</sub> te laag en ook dat maakt de energiedrager duur. Je ziet al waterstofproducenten komen die aanvankelijk in een zonnepark investeerden. Het zou goed zijn om de hele keten te vergroenen. En misschien moeten we inderdaad ook naar Marokko kijken, waar veel groene elektriciteit geproduceerd kan worden. Maar ja, hoe krijg je het als waterstof hierheen?' Over het certificeren van die verschillende soorten waterstof, bijvoorbeeld de grijze variant die geproduceerd wordt met behulp van kernenergie, zegt Jacques: 'Dat is iets voor de gebruikers. Persoonlijk denk ik dat we het zo groen mogelijk moeten houden. Maar het is niet aan mij om te bepalen welke waterstof de branche moet gebruiken. Ook zie ik onze sector zelf niet grootschalig waterstof produceren. Laat ieder doen waar hij goed in is. De brandstoffenbranche heeft daar vast wél ideeën over!'

### Subsidies

Als er iets gesubsidieerd moet worden op H<sub>2</sub>-gebied, wat moet dat volgens Jacques dan

zijn? 'Ontwikkelen kost veel geld. Als na langere tijd serieproductie mogelijk is, gaat de prijs omlaag. De initiële investeringen zouden gesubsidieerd moeten worden', vindt Jacques. 'Daarmee voorkom je dat de eerste afnemers de hoofdprijs betalen. Daarvoor kun je de mogelijkheden van de Vamil- en Mia-regeling verruimen en de regelingen aantrekkelijker maken. Ook fabrikanten kun je zo helpen. Als importeur signaleren wij de wens van de klant. Mondiaal is het nog steeds vechten om stage III-motoren de wereld uit te krijgen. Voor fabrikanten is dat lastig. Vergeet niet dat er in de toekomst fabrieken zullen zijn waar ze waterstofmachines produceren naast stage V-machines.'

### Importeur Ahlmann

Hoe kijken ze bij Ahlmann naar deze waterstofmaterie? Dit bedrijf importeert onder meer Mecalac-graafmachines en Ahlmann-zwenkladers. Verder produceert het GreenJob-maaimachines en worden er daarnaast nieuwe toepassingen rondom machines ontwikkeld. Directeur Arjan van den Oord maakt allereerst zijn zorgen duidelijk: 'Het lijkt wel alsof waterstof voor sommigen een doel op zichzelf is. Triest genoeg weten ze vaak niet eens wat het inhoudt. Ze weten niet het verschil tussen waterstof als brandstof (energiebron) of als energiedrager om een elektrische aandrijving te voeden. En dan heb ik nog niet eens over de technische haalbaarheid en kostprijs van groene waterstof, want met de grijze versie spannen we het paard helemaal achter de wagen', vindt hij. Hij is dan ook van mening dat rücksichtslos inzetten op waterstof ertoe kan leiden dat opdrachtgevers steeds minder werk gedaan krijgen voor het geld. 'De beschikbare budgetten binnen de overheidsuitgaven zullen naar alle waarschijnlijkheid gelijk blijven', vervolgt hij. 'Ik vind dat we goed moeten kijken naar nieuwe energiedragers en brandstoffen. In zekere zin kun je waterstof ook als een soort accu zien, alleen is de rentabiliteit laag en de kostprijs hoog.' Van den Oord ziet toepassingsmogelijkheden in de scheepvaart, zowel wat betreft aandrijving met een waterstofmotor als een via een brandstofcel die elektriciteit opwekt. 'Bij zo'n waterstofmotor zul je wel een kleine hoeveelheid diesel moeten bijmengen', verduidelijkt hij. 'Voor de aandrijving van grotere kranen zie ik ook mogelijkheden. Die hebben voldoende inbouwruimte omdat laden via een stroompunt in het veld moeilijker is. In zo'n machine kun je een aggregaat dat draait op waterstof de benodigde elektriciteit laten produceren. Ook is het



energiegebruik goed te behappen, zolang het een rupskraan betreft die het grootste gedeelte van de tijd niet wordt verplaatst.'

### Shovels

Dat ligt anders bij shovels, zegt Van Oord, omdat je daarbij te maken hebt met zowel voortbeweging, duwkracht en trillingen als stof-fige omstandigheden. 'Bij de machines die wij elektrificeren, zie ik het als een uitdaging om een kleine brandstofcel te plaatsen als *range extender*. Daarmee kun je de accu's tijdens het werk enigszins bijladen. Als realist hou ik van rekenen. Wij hebben een 7-tons elektrische shovel op 440 volt. Dat zie ik als een belangrijke proef op de som. Deze machine is ruim twee keer zo duur en kan technisch 15.000 uren draaien. Bij 12.000 uur bereik je het breakevenpunt. Daarna wint de prijs van de elektriciteit het van de meerprijs bij aanschaf. Dit is dan zonder subsidies of emvi-scores. Maar wat gebeurt er als je dit doortrekt naar een versie op waterstof? Ik schat dat zo'n machine, ongeacht de ruimtemogelijkheden, dubbel zo duur wordt als een conventionele shovel, terwijl de kosten van de brandstof (H<sub>2</sub> in plaats van diesel) anderhalf maal zo hoog worden. Het verbranden van pure waterstof staat qua ontwikkeling nog helemaal in de kinderschoenen, vanwege het risico op imploderen in plaats van exploderen van het gas en de daarmee gepaard gaande slijtage van onderdelen.' Van Oord vraagt zich dus af waarover we ons op dit gebied druk maken. Hij kijkt liever naar een kortere horizon die haalbaar en betaalbaar is, dan naar het mantra van de waterstof die in het verschieft ligt.

**'Het is zonde om eindeloos te blijven doorwerken met vervuilende stage III-diesels'**

### Doel

Van Oord vervolgt: 'Het lijkt wel of we streven naar een onhaalbaar doel. Het einddoel moet toch groen zijn? Daarbij kun je ook kijken naar de stikstofuitstoot. Sedert de eerste aanzet van NOx- en fijnstofreductie in 1996 (stage I, tier I, red.) is de uitstoot hiervan in de vermogensklasse vanaf 25 pk bij dieselmotoren met 96 procent verminderd en de efficiëntie toegenomen.' Als dit cijfer juist is, produceert zowel één kleine dieselmotor als een oudere dieselmotor volgens Van Oord per kilowatt 25 keer zoveel emissie als een grotere machine die aan de stage V/ tier IV-normen voldoet. 'Voel je hem?' vraagt hij. 'Daaraan moeten we werken. Ook in die lagere klassen moet nog veel gebeuren. Denk ook aan de verjonging van het machinepark door slooppremies. We weten toch allemaal dat de gewone diesels anders nog lang blijven "doorprutten". Nieuwe dieselmotoren stoten de gebruikte lucht schoner uit dan ze hem inademen!' Als we dan het gebruik van *hydrotreated vegetable oil* (HVO) meenemen, ziet Van den Oord zeker nog heil in dieselmotoren. Hij ziet waterstofgebruik in machines als lastig, ook vanwege het feit dat waterstofgas volgens hem nog een behoorlijk volume inneemt, ondanks een druk van 350 tot 750 bar. En dan laten we de logistieke problemen van waterstof op de bouwplaats nog buiten beschouwing.

### Reesink Turfcare

Roon Hylkema, managing director van Reesink Turfcare, geeft als reactie dat hij voor de kleinere vermogens duidelijk een voorkeur heeft voor batterij/accu-machines. 'Voor de grotere vermogens heeft H<sub>2</sub> mogelijk een toekomst. De uitdaging is en blijft de grote hoeveelheid energie die nodig is om het te produceren. De hoge energieconcentratie is een absoluut voordeel,' zegt hij. 'Een nadeel is echter de distributieproblematiek. Voor accu's ligt dat anders. De elektriciteitsinfrastructuur hiervoor wordt onder druk van de automotive industrie versneld uitgerold! De verbrandingsmotor zal op den duur uitsterven. Verbeterde brandstofcellen, efficiënte elektrische componenten en slimme software verbeteren de rendementen. Uiteindelijk zijn bij beide technologieën geen stank en weinig geluid de doorslaggevende argumenten voor de directe leefomgeving!' Hylkema is ervan overtuigd dat er in de markt behoefte is aan H<sub>2</sub> als het om de grotere vermogens gaat in machines met beperkte volumes. 'Zoals gezegd, de distributie en de energie om het te produceren zijn grote uitdagingen. Hoeveel groene stroom

kun je gebruiken voor de productie? Je moet ook aan groene H<sub>2</sub>-certificering denken, net als bij groene stroom. Groene zonne-energie uit Marokko importeren, daar zie ik niets in. Het transport is duur en verhoogt de *carbon footprint*. De installatie-infrastructuur is immens, de energieverliezen zijn groot. Distributie van energie is de grote uitdaging!'

### Brandstoffenleverancier Den Hartog

Voor distributeurs en leveranciers van vloeibare brandstoffen heeft de transitie naar waterstof dus ook gevolgen. Neem Den Hartog in Groot Ammers, een goede bekende in onze sector. Werken ze daar al aan een nieuwe strategie? Business development manager Niek Roessink zegt hierover: 'Voor ons ligt dat scenario nog heel ver weg. De markt voor vloeistoffen is voorlopig renderend voor ons, zeker de komende tien jaar. Als brandstof in verbrandingsmotoren heeft waterstof nog een lange weg te gaan. Wij hebben nu al de ambitie en de mogelijkheid om steeds meer duurzame brandstoffen aan onze klanten te leveren. We hebben de afgelopen jaren een compleet gamma met biobrandstoffen opgebouwd, brandstoffen waarmee we CO<sub>2</sub> besparen. De stikstof-, fijnstof- en zwaveluitstoot van deze producten is ook lager.' Roessink spreekt hier onder andere over de HVO-diesels, waarin de koolwaterstofverhouding verschilt van die in traditionele diesel. 'Er zit meer waterstof in dit soort producten, waardoor de verbranding schoner verloopt. Daarnaast zijn ze vervaardigd uit hernieuwbare materialen. In ons businessmodel spelen ook ethanol en methanol als biobrandstoffen een belangrijke rol, net als veresterde plantaardige oliën uit bijvoorbeeld afgewerkt frituurvet of raapzaad.' Verder is Roessink ervan overtuigd dat we 'fossiel' niet opeens links kunnen laten liggen: 'We hebben alle energievormen nodig; voor Den Hartog het liefst als vloeistof en onder lage druk. Gassen vervoeren, opslaan en (bij)mengen is zo eenvoudig niet. Waterstoftankstations hebben een totaal andere logistiek nodig, die niet direct aansluit op die van ons. Ik denk dat we op korte termijn de beste win-winsituatie realiseren met technieken waarbij we verbrandingsmotoren geschikt kunnen maken voor biobrandstoffen. Wat nu rondrijdt, gaat namelijk nog jaren mee.'

