

## **De potentiële bijdrage van waterstof aan de Defensie Energiestrategie**

Alexander Hablé

TU Delft Green Hydrogen Economy faculteit 3ME/ Process and Energy

Ten behoeve van de hoorzitting van de Tweede Kamer Vaste Commissie over Energiestrategie van Defensie op 5 september 2018 is gevraagd om vanuit de TU Delft een korte notitie te maken over de potentiële bijdrage van waterstof aan de Energietransitie van Defensie en de hoofdlijnen daarvan op 5 september te presenteren. Deze notitie is daar de invulling van.

### **Algemeen: Waterstof is in de Energietransitie een onmisbare schakel. De combinatie waterstof en elektriciteit is een sleutel naar de toekomst.**

Waterstof heeft in de energietransitie een grote potentie. In het Klimaatakkoord wordt aan de rol van waterstof in de energie transitie een toenemend belang toegekend . Het Klimaat akkoord stelt voor om een programmatische aanpak op zetten zowel voor de sectoren industrie, mobiliteit en gebouwde omgeving afzonderlijk. Waterstof vervult ook een systeemintegrerende sleutelrol in het totale energiesysteem. In combinatie met duurzame elektriciteit kan waterstof fossiel vervangende energiefuncties vervullen. Het kan dienen als vervanger van aardgas en is daarbij van groot belang voor een betrouwbare en stabiele elektriciteitsvoorziening. In ons energiesysteem waarbij elektriciteit voor 10% in de behoefte voorziet kan waterstof een aanvullende rol spelen voor warmte, industriële grondstoffen en de energievoorziening in de mobiliteit.

Waterstof (H<sub>2</sub>) is het meest voorkomende element in het heelal. Waterstof is niet giftig, niet kankerverwekkend, niet radioactief, is vluchtig en licht. Als er kleine hoeveelheden vrijkomen in een goed geventileerde ruimte of in de openlucht heeft dat geen schadelijke gevolgen. Waterstof is licht ontvlambaar, maar niet explosief,

- Eerste element (H)
- Lichter dan lucht, hoge diffusiviteit
- Kleurloos
- Geurloos
- Brandbaar/Licht ontvlambaar
- Meestal gasvormig
- Hoge energiedichtheid per kg
- Niet corrosief
- Niet explosief
- Niet giftig
- Niet radioactief
- Niet kankerverwekkend

Vrijkomende waterstof wordt gewoon in de lucht opgenomen. Het stijgt zeer snel op en verspreidt (verdunt) zich ook zeer snel. Wanneer het wordt opgesloten of zich ergens kan verzamelen met de in lucht aanwezige zuurstof kan er een explosief ontbrandend mengsel ontstaan (vgl. aardgas). De nodige ontstekingsenergie is lager dan bij aardgas, maar de kans op de juiste mengselconcentratie door zijn vluchtige eigenschappen weer geringer dan bij aardgas. Bij (on)volledige verbranding van waterstof ontstaat geen giftige koolmonoxide (er zit geen koolstof in het molecuul) . De veiligheidsrisico's zijn goed te beheersen. Waterstof wordt in Nederland al tientallen jaren en op grote schaal industrieel toegepast. Het waterstofmolecuul is eenvoudig te maken uit water met behulp van (duurzaam opgewekte) elektriciteit uit wind, zon en water. Als waterstof in grote hoeveelheden in onze maatschappij beschikbaar gaat komen kan het in combinatie met elektriciteit de energiedrager van de toekomst worden. Het is goed te transporteren en grootschalig op te slaan. Het kan de piekvragen over lange perioden heen (seizoenen, zomer en winter) opvangen. Omdat

waterstof een molecuul is kan het over grotere afstanden veel makkelijker en goedkoper worden getransporteerd dan elektriciteit. De bestaande aardgasinfrastructuur is goed geschikt te maken voor het transporteren van waterstof gas. Omdat de energiebronnen zon, wind en water onuitputtelijk zijn en daarvan geen schaarste is kan waterstof in combinatie met elektriciteit de energie drager van de toekomst worden zonder het klimaat te schaden en daarmee de lange termijn doelen helpen bereiken.

De grootschalige introductie van waterstoftoepassingen in de maatschappij is aanstaande.

Er rijden momenteel 42 waterstofauto's in Nederland. Het aantal waterstoftankstations in Nederland wordt de komende twee tot drie jaar uitgebreid van 3 naar 16, tot een begin van een landelijk dekkend netwerk, waarmee we op enige afstand de trends volgen die bijvoorbeeld in Duitsland, Scandinavië, Japan en Noord Amerika te zien zijn.

Er gaan bussen en treinen rijden op waterstof, schepen worden ontwikkeld en ook in de luchtvaart wordt naar waterstof gekeken. In de gebouwde omgeving is het aardgas geschikt bevonden door de netbeheerders om het net om te bouwen naar waterstof gas, Doordat de elektriciteitsprijzen van met name wind op zee sterk dalen en ook de kosten van waterstofopwekking door elektrolyse van water wordt waterstof bij opschaling economisch interessant. De windparken lijken met behulp van waterstof ook beter te benutten (er komt meer bruikbare energie uit). Er zijn investeringen van bedrijfsleven en overheid nodig. Waterstofcoalities van bedrijven, NGO's en kennisinstellingen worden gevormd. Dit in navolging van internationale voorbeelden als het Hydrogen Business Council, een coalitie van bedrijven als Shell, Total, General Motors, Engie en Toyota en andere autofabrikanten, die toekomst zien in de nieuwe energiedrager. Wereldwijd rijden volgens dit Council in 2050 400 miljoen auto's en 20 miljoen vrachtwagens op waterstof. Ook in de industrie en energievoorziening wordt waterstof onmisbaar. Zij stellen dat waterstof de wereldwijde broeikasgasuitstoot binnen 30 jaar met een vijfde kan verminderen. Die ambitie vereist de komende vijftien jaar wel flinke investeringen. De kosten zullen afnemen naarmate waterstof op grotere schaal wordt gebruikt. De bedrijven verwachten dat in de toekomst mondiaal 30 miljoen mensen zullen werken in de waterstofeconomie.

### **Waterstof als toepassing voor de Defensie Energiestrategie**

Sinds mensenheugenis leveren investeringen in defensie technologie niet alleen baten op voor onze veiligheid maar ook maatschappelijk. Daar zijn aansprekende voorbeelden van zoals de radar, het internet.

#### *Voor defensie interessante toepassingen van waterstof*

In zijn algemeenheid vullen batterij elektrische en brandstofcel-elektrische technieken elkaar goed aan, ze zijn nl beide elektrisch. Batterij elektrische toepassingen zijn efficiënt en relatief laag in prijs doordat ze alleen stroom verbruiken. Batterijen bezitten echter een (veel) lagere energie inhoud dan waterstof en zijn relatief zwaar. Voor grotere en zwaardere toepassingen zoals bussen, trucks en schepen en ook treinen lijken brandstofcel-elektrische toepassingen kansrijk zeker als de prijs van waterstof per kg aan de pomp (nu bijna €10) daalt met ongeveer de helft, hetgeen op termijn wordt verwacht. Waterstof auto's hebben een grotere actieradius en zijn snel te tanken (ca 3-5 minuten). Batterij elektrische en brandstofcel- elektrische voertuigen zijn veel efficiënter dan voertuigen met verbrandingsmotoren, vragen minder onderhoud en zijn betrouwbaar. Brandstofcellen opereren nagenoeg geruisloos, trillingvrij en geven vergeleken met verbrandingsprocessen erg weinig warmte af.

Brandstofcellen, gevoed door waterstof leveren elektriciteit, warmte én water. 1 kilowaterstof in een brandstofcel produceert tevens 9 kg waterdamp van 80 graden. Deze kan worden opgevangen en gecondenseerd tot gedemineraliseerd water. Als je 100 kg waterstof transporteert verplaats je ook 900 liter water zonder dat dit fysieke ruimte inneemt. Een tankauto van 4000 kg vloeibare waterstof transporteert dus tegelijkertijd virtueel 36.000 liter

water. Deze tankauto's rijden er momenteel al om bijvoorbeeld waterstof uit de Rotterdamse haven naar Engeland te transporteren. Transport van waterstof kan tegelijkertijd een transport van water met zich meebrengen. Als water schaars is, is dat geen geringe potentie.

Brandstofcel-elektrische voertuigen kunnen dienen als energiecentrale voor huisvesting, een communicatiecentrum, of een veldhospitaal. Eén voertuig kan tientallen huizen enige uren van elektriciteit voorzien (car as power plant) of als oplaadvoertuig dienen om lege batterijen van elektrische voertuigen snel van extra radius te voorzien. Er zijn mobiele waterstoftankstations op trucks.

Waterstof en brandstofcellen zijn in containers te transporteren en kunnen dus naar kampementen worden gebracht voor energievoorziening en mogelijk aanvullend ook van water bij defensietoepassingen.

Waterstof kan naast grootschalig op zee of in de woestijnen ook lokaal worden geproduceerd uit zonnepanelen en windmolens en een klein elektrolyse apparaat. In Japan wordt bij een huis bv 1 kg waterstof uit zonnepanelen per dag geproduceerd waarmee je 100 kilometer kan rijden maar ook je huis van elektra kunt voorzien. Waterstof helpt energie autonoom te zijn.

Flessen gevuld met waterstofgas kunnen worden gebruikt als gas om te koken of te bakken en braden. Dit is in de praktijk al toegepast.

Batterijen met kleine brandstofcellen kunnen door de grotere energie inhoud dan lithium ion batterijen van veel langer blijven werken en snel worden bijgevuld met een vloeistof.

Huizen en gebouwen, maar dus ook tenten of mobiele woningen kunnen worden voorzien van brandstofcellen, die elektriciteit en warmte leveren of hybride warmte pompen die op piekmomenten waterstof gebruiken en zo het elektriciteitsnet niet overbelasten. Defensie locaties die zijn verbonden met het aardgasleiding net kunnen dus m.b.v van waterstof en brandstofcellen van fossiel vrije energie worden voorzien wanneer dit net geschikt wordt gemaakt voor het transport van (groene) waterstof.

In de maritieme sector wordt momenteel onderzocht hoe binnenvaartschepen op waterstof kunnen varen. In Antwerpen is een brandstofcel-elektrisch vaartuig in de vaart genomen. Onderzeeboten zijn van brandstofcellen voorzien, waarmee elektrisch en geluidloos kan worden gevaren. Marinevaartuigen kunnen geluidloos en emissievrij varen, Voertuigen met brandstof cellen eveneens en kunnen de vijand stil benaderen. Drones worden al van brandstofcellen voorzien.

In het Nasa programma's zijn raketten met vloeibare waterstof aangedreven. Drones kunnen op brandstofcellen vliegen. Ook in de luchtvaartindustrie wordt onderzocht hoe waterstof zijn toepassing kan krijgen. Dit is ook voor de luchtmacht interessant.

Waterstof is zoals gezegd een medium om veel goedkoper dan kabels elektriciteit over grote afstanden te transporten in bijvoorbeeld trucks, schepen of (voormalige) aardgasleidingen. Moleculen bevatten veel meer energie inhoud dan elektronen. Voor de energievoorziening op afstand levert dat voordelen op.

Zoals in de Initiatiefnota Defensie Energiestrategie is aangegeven wordt een programmatische aanpak voor een defensie energietransitie strategie voorgesteld. Waterstoftoepassingen kunnen daar een goede en concrete rol in spelen en dat is sterk aan te bevelen. Overheid kan zodoende optreden als investeerder en launching customer, bv te beginnen met bussen of kleinere brandstofcel elektrische voertuigen. Ook het bouwen van marine schepen op waterstof is een goede aanpak. Nederlandse industrie en Kennisinstellingen zijn daarbij gebaat.

