

Verborgen vooronderstellingen en andere misvattingen rond de waterstofeconomie

Luscuere, P.G.; van Dorp, Henk Willem; Luscuere, Wart

Publication date

2021

Document Version

Final published version

Published in

Hydrogen Rocks!

Citation (APA)

Luscuere, P. G., van Dorp, H. W., & Luscuere, W. (2021). Verborgen vooronderstellingen en andere misvattingen rond de waterstofeconomie. In P. Luscuere, & A. van Wijk (Eds.), *Hydrogen Rocks!* (pp. 41-46). Delft University of Technology.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

HYDROGEN ROCKS!

Peter Luscuere,
Ad van Wijk [EDS.]

VERBORGEN VOORONDERSTELLINGEN EN ANDERE MISVATTINGEN ROND DE WATERSTOFECONOMIE

PETER LUSCUERE¹, HENK WILLEM VAN DORP² & WART LUSCUERE³

1) Hoogleraar TU Delft, 2) Rentmeester VDI, 3) Beyond Sustainability

Geopolitiek

Men wil in Nederland op het gebied van energie zelfvoorzienendheid: niet afhankelijk zijn van al dan niet stabiele regeringen. Op zich sympathiek, maar de vraag is of dat haalbaar (is er voldoende zon, wind en geothermie?), wenselijk (grondgebruik), energie-efficiënt (lagere opbrengsten hier dan bijvoorbeeld in woestijnen), resource-efficiënt (nog meer materialen en resources nodig door beperking van Nederlands grondgebied) en financieel efficiënt is. Bovendien kan waterstof geproduceerd worden in vrijwel elke woestijn en op elke zee; 10% van de oppervlakte van Australië volstaat voor het energiegebruik van de hele wereld. Als alternatief volstaat 1,5% van de Stille Oceaan met windturbines¹. Dat zijn zeker geen - geopolitiek gezien - lastige gebieden.

Surface needed to produce all the world's energy 556 EJ = 155.000 TWh



10% SOLAR AUSTRALIA

1.5% WIND PACIFIC OCEAN

Figuur 1: Ruimtebehoefte voor een wereldwijde hernieuwbare energievoorziening

Huidige productie groene waterstof onvoldoende om transitie te kunnen maken

Dat er op dit moment onvoldoende groene waterstof geproduceerd kan worden is op zich een terechte constatering, maar geen reden om niet te bewegen op een weg van noodzakelijke transitie naar een hernieuwbare wereldwijde energievoorziening. Het is een van de argumenten die zich baseren op een (te) kortetermijnvisie. Er zijn vele zonovergoten en windrijke gebieden op aarde - zowel op land als op oceanen - die geschikt zijn om er hernieuwbare energie en/of waterstof op te wekken. Ook kan duurzame energiewinning in eigen land en op zee gedurende (toenemende) perioden van overcapaciteit worden omgezet in groene waterstof.

Korte termijn politieke doelstellingen en angsten

De waterstofauto wordt door een deel van het politieke spectrum gezien als een bedreiging van de elektrificatie van onze mobiliteit. We moeten echter niet vergeten dat een waterstofauto in principe een elektrische auto is met een kleine accu en een tank die moleculen opslaat in plaats van elektronen. Bedenk voorts dat de gemiddelde accugedreven elektrische auto in feite rijdt op het gemiddelde rendement van elektriciteitsopwekking met bijbehorende CO₂-uitstoot.

Kip en ei en samenwerking bedrijfsleven en overheden

In Nederland staan anno 2020 nog slechts enkele waterstoftankstations. Er zijn momenteel initiatieven om er enkele aan toe te voegen. Een redelijke dekkingsgraad van waterstofvulstations is echter een noodzakelijke voorwaarde voor verdere toename van waterstofmobiliteit. In Duitsland wordt dat beter begrepen: in nauwe samenwerking tussen energiemaatschappijen, autofabrikanten en overheidsprogramma's worden enkele honderden stations uitgerold waarvan er in 2020 zo'n tweehonderd gereed moesten zijn. Ook worden deze vanwege kostenaspecten met bestaande benzinstations geïntegreerd.

Eerste hoofdwet denkers

Een vaker gehoord argument is de relatief lage efficiëntie die met waterstofgeneratie en -gebruik zouden samenhangen. Het idee is: je gebruikt PV-cellen of windturbines om elektriciteit te winnen om via elektrolyse van water (met een rendement ca. 80%) waterstof te genereren. Hierna vindt compressie plaats of wordt het gas vloeibaar gemaakt, getransporteerd waarna wederom elektriciteit wordt gewonnen in een brandstofcel (rendement ca. 60%). Deze opeenstapeling van processtappen moet haast wel slecht zijn, zo is de gedachte. Dat moeten we echter vergelijken met elektriciteitsopwekking uit fossiele bronnen met een rendement van circa 45%. De totale efficiëntie van deze waterstofcascade in vergelijking met wat er uit een stopcontact komt is daarmee zo slecht nog niet.

Ketenkosten versus ketenefficiëntie

Uitgaande van een noodzakelijke transitie naar een duurzame energievoorziening en de overvloed aan zonne-energie, zoals onder punt 1 beschreven, is niet zozeer de ketenefficiëntie bepalend, maar zijn de ketenkosten² dat.

² Ad van Wijk & Chris Hellinga, 'Waterstof de sleutel voor de energietransitie', in 'Circulariteit, op weg naar 2050?', p. 290-313.

De extra stappen zoals compressie/vloeibaar maken, transport en expansie/vergasning kosten per saldo energie. Daar staat tegenover dat we door deze transporteerbaarheid vrij zijn de locatie te kiezen waar we de hernieuwbare energie winnen. Hierdoor kunnen we in zon- of windrijke gebieden twee tot drie keer meer de hoeveelheid energie per m² winnen dan in Nederland.

Waterstof is gevaarlijk

We kennen allemaal het ongeluk met de Hindenburg en van onze middelbare schooltijd de proefjes met knalgas. Natuurlijk moet veiligheid serieus genomen worden en worden geborgd, maar vergeet niet dat nog in de jaren zestig het toenmalige stadsgas zo'n 50% waterstof bevatte en daarenboven tot zo'n 10% koolmonoxide (om maar van gevaar te spreken). In Duitsland zijn proeven genomen door in een huis grote hoeveelheden waterstof te laten ontsnappen waarbij het niet tot ontbranding kwam anders dan door een ontstekingsbron aan te brengen. Een andere test waarbij een kogel door een onder hoge druk staande waterstoftank werd geschoten, gaf weliswaar een gat waar waterstof uit spoot, maar geen explosie of zelfs ontbranding.

Opslag en transporteerbaarheid hernieuwbare energie

Uitgaande van een wereldwijde energietransitie - los van politieke tegenstellingen, alternatieve wetenschappelijke denkbeelden en kortetermijnbelangen - dan zijn zon en wind de enige grootschalige duurzame energiebronnen om deze transitie te bewerkstelligen. De zon met name, laat op het aardoppervlak minimaal 1.243 keer³ de energie neerdalen dan wat we in 2015 wereldwijd gebruikten. Een probleem met hernieuwbare energie is echter de ongelijktijdigheid tussen opwekking en feitelijk gebruik. Opslag van elektriciteit is moeizaam, kostbaar en resource-intensief. Opslag in de vorm van warmte heeft al direct een substantieel verlies aan exergie in zich en kan slechts over beperkte afstanden getransporteerd worden. Waterstof daarentegen kan goed opgeslagen en/of getransporteerd worden. Elektrolyse op basis van zon- of windenergie is daarmee een interessante technologie om hernieuwbare energie op te slaan en te kunnen transporteren.

Waterstof is (te) duur

De grootschalige hernieuwbare energieparken zoals in Marokko, VAE, Mexico en Chili kennen ongekende aanbestedingsresultaten. De laagste zijn momenteel zonneparken in Mexico en Saoedi-Arabië met ca. 1,7 \$c/kWh. De trend daarentegen is er een in de richting van ca. 1 \$c/kWh⁴. Vergelijk dat met de brandstofkosten van onze goedkoopste en meest vervuilende kolencentrales van ca. 3-4 €c/kWh en we zien de marge die beschikbaar is om waterstof te genereren in zon- en windrijke gebieden en die te transporteren en terug naar elektriciteit om te zetten als het ons uitkomt. Momenteel is groene waterstof nog duurder dan de nu gebruikelijke grijze en vervuilende versie, maar de verwachting is dat die prijs in vijf tot tien jaar is ingelopen. Op termijn is het dan ook niet ondenkbaar dat de groene waterstof de fossiele brandstof weg zal concurreren, zelfs de huidige ruimhartige fossiele subsidies daargelaten.

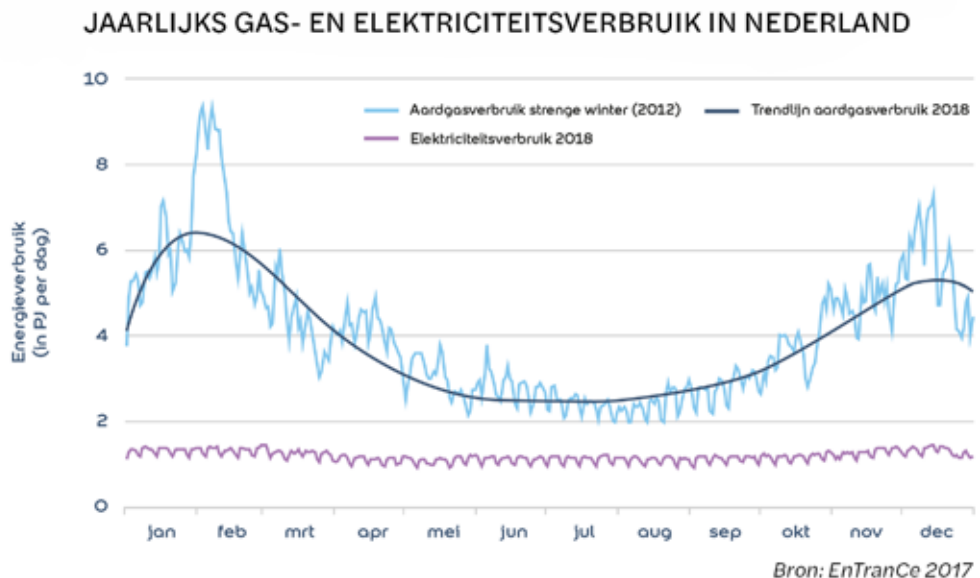
3 *Marc Perez & Richard Perez, Update 2015 – A fundamental look at supply side energy reserves for the planet*

4 *AJM van Wijk, F wouters; Hydrogen, The bridge between Africa and Europe, September 2019.*

‘Van het gas af’

Een voor de hand liggende optie ligt besloten in de zin ‘van het aardgas af’ in tegenstelling tot de voortvarende doelstelling ‘van het gas af’. Groene waterstof kan ten tijde van een overproductie ingezet worden voor transport, industrie, elektriciteitsopwekking, huishoudens en/of opslag in lege zoutcavernes. De infrastructuur zal hiervoor aangepast moeten worden. Dat geldt niet voor de pijpleidingen zelf, maar wel voor onder andere de compressoren en verbindingstukken. De verwachting is dat dat niet meer dan 5-10% van een nieuwe infrastructuur zal kosten².

Het alternatief om ‘all-electric’ te gaan, zelfs alleen voor de bebouwde omgeving is op financiële en planningstechnische gronden niet haalbaar. Zie hiertoe in figuur 2. het enorme verschil in jaarlijks gas- en elektriciteitsverbruik in Nederland uitgedrukt in PJ. Het is juist een kans om de bestaande gemeenschappelijke infrastructuur - waar we met elkaar zo’n tweehonderd miljard euro (200^e9 €) in geïnvesteerd hebben - te kunnen hergebruiken in de zo noodzakelijke energietransitie. Hoewel sommigen hier een verkapte manier zien om de fossiele industrie middels gemeenschapsgeld nieuwe business te laten ontwikkelen.



Figuur 2: Jaarlijks gas- en elektriciteitsverbruik in Nederland
Bron: A van Wijk

Waterstof heeft onvoldoende energetische waarde

Het is een misvatting dat waterstof onvoldoende energetische waarde zou hebben. Deze denkfout is veelal gebaseerd op basis van een volumieke vergelijking. Per eenheid van massa levert benzine ca. 13 kWh/kg, vergelijkbaar met aardgas (11,7 kWh/kg) en waterstof (39,4 kWh/kg). Een Li-ion-batterij daarentegen levert slechts 0,1 kWh/kg. Vandaar dat waterstof gezien wordt als een zeer geschikte kandidaat voor de opslag van hernieuwbare energie.

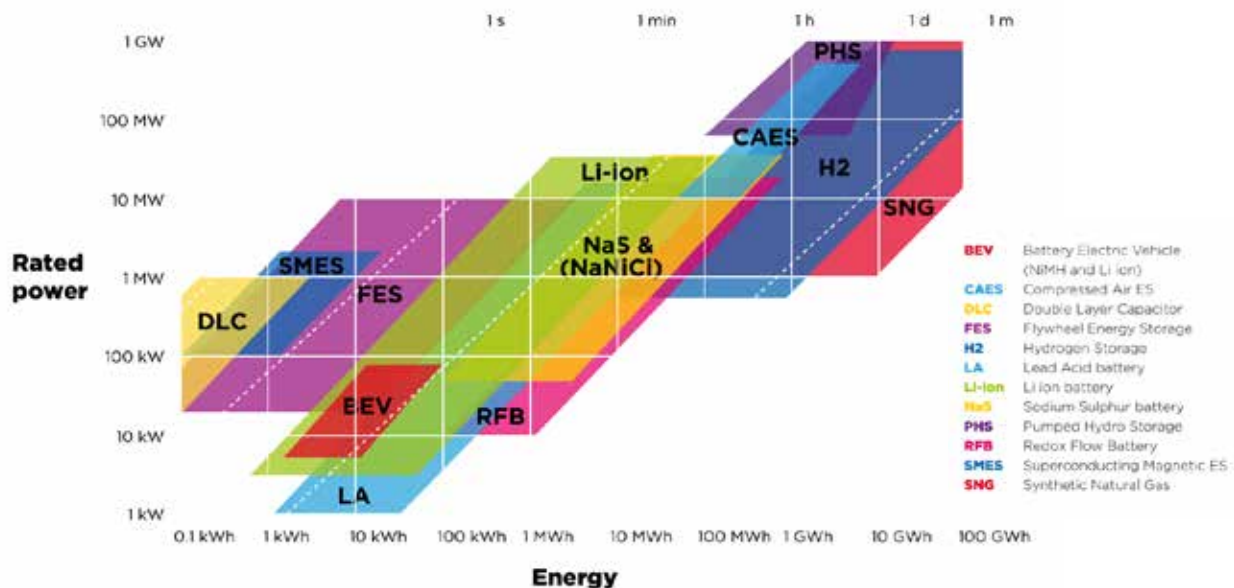
Waterstof niet geschikt voor alleen mobiliteit

Dat waterstof niet geschikt is voor alleen onze mobiliteit is in feite een correcte constatering. Het volume benodigd voor een volledige bekrachtiging van onze mobiliteit valt in het niet bij de volumes nodig voor industrie. Het is deze toepassing waar de prijsverlagingen moeten worden gerealiseerd om het eveneens voor de gebouwde omgeving en onze mobiliteit te kunnen toepassen.

Er zijn meerdere opslagmethodes voor energie, wat voegt waterstof eraan toe?

Er zijn vele methodes om energie op te slaan. Wellicht de meest bekende is de elektrische accu, maar ook: gecomprimeerde lucht, vliegwielen, ondergrondse pompaccumulatie, redox flow-batterij en synthetisch gas zijn opslagmedia van energie. Hier spelen drie parameters een rol: het vermogen, de energie-inhoud en de tijd waarin de energie kan worden opgeslagen.

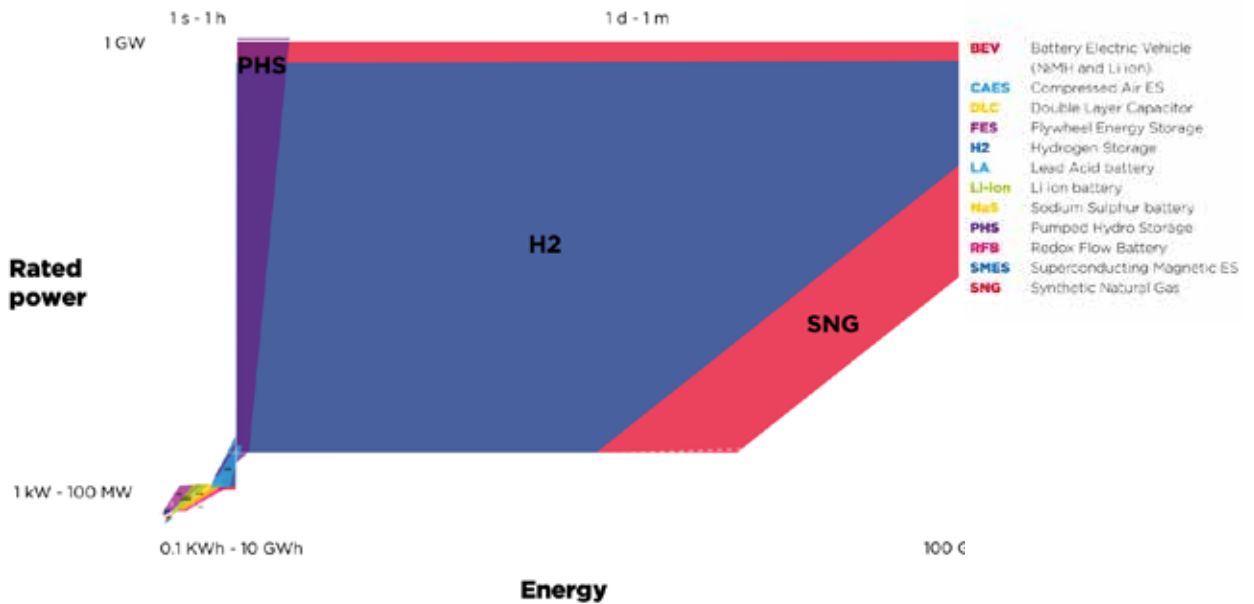
Bekijken we het vermogen en de energie-inhoud op logaritmische schaal en de tijd op een lineaire, dan krijgen we figuur 3.



Figuur 3: Diverse energieopslagtechnologieën versus vermogen en energie-inhoud (logaritmisch) en tijd, Bron: M Bijkerk, Help de energietransitie.

Hierin is de gehele variëteit van opslagtechnieken goed in kaart gebracht, waarbij goed te zien is dat sommige technieken met name geschikt zijn voor de (zeer) korte termijn (fracties van een seconde). Ook zien we dat er limieten zijn aan bepaalde technologieën voor wat betreft maximaal mogelijk vermogen dan wel energie-inhoud.

De noodzakelijke duurzame energietransitie die voornamelijk gebaseerd zal zijn op wind en zon vergt echter opslag van energie op zowel een hoog vermogen, energie-inhoud, maar vooral over maanden. Zo bezien is het inzichtelijk ook deze parameter op logaritmische schaal weer te geven, figuur 4.



Figuur 4: Diverse energieopslagtechnologieën versus vermogen, energie-inhoud en tijd (alle logaritmisch). Bron: M Bijkerk, Help de energietransitie.

Deze figuur kan voor zichzelf spreken, maar het is duidelijk dat de opslag van energie in moleculen, op de benodigde tijdschaal om de discontinuïteit van de duurzame energiebronnen wind en zon te kunnen overbruggen, de enig relevante zo niet de enige mogelijkheid is.