

Waterstofeconomie mogelijk?

Wieger Harkema en Maarten de Groot, juni 2018

1 Vraagstelling

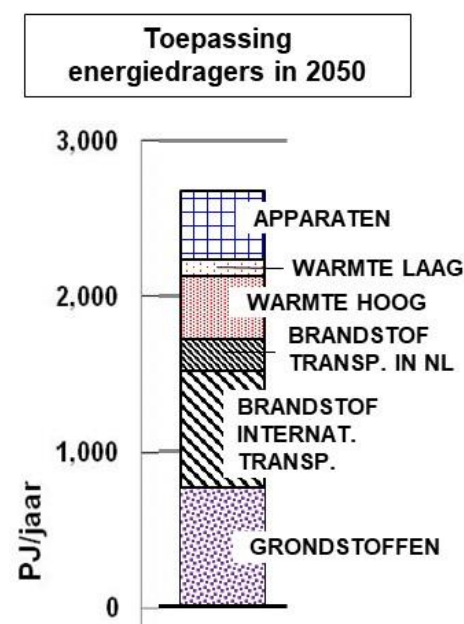
Al decennia leeft het idee dat waterstof (H_2) een sleutelrol kan en moet spelen in de toekomstige energievoorziening: "de waterstofeconomie". Het waarom van die rol wordt hieronder toegelicht in hoofdstuk 2 "Noodzaak van waterstofeconomie". Met de ontwikkeling van een "waterstofeconomie" creëert de mens een waterstofkringloop analoog aan door de natuur gecreëerde koolstof kringloop, zoals uiteengezet in hoofdstuk 3 "Waterstofkringloop analoog aan koolstof kringloop".

Maar ondanks al die jaren onderzoek en ontwikkeling blijkt de productie van waterstof uit zon en wind nog steeds duur in verhouding tot die van fossiele energiedragers zolang de CO_2 -uitstoot niet significant belast wordt. Vooral de investeringskosten zijn hoog, waardoor de productie extra duur is als die niet continu kan plaats vinden, maar alleen in de uren waarin er een surplus aan elektriciteit uit zon en wind beschikbaar is.

Wat is er nu al mogelijk? Welke ontwikkelingen hebben een redelijke kans van slagen in de komende decennia? Welk beleid moet gevoerd worden om de gewenste ontwikkeling te stimuleren?

2 Noodzaak van waterstofeconomie

In document 39 "Energiescenario's 2050" zijn schattingen gemaakt van de hoeveelheid energiedragers die in de toekomst in Nederland nodig zijn na een flinke energiebesparing voor de zes hoofdtoepassingsgebieden. Het scenario van Hellinga is geïllustreerd in onderstaande grafiek. Andere scenario's komen op andere hoeveelheden uit, maar in alle gevallen bedraagt de hoeveelheid energiedrager die nodig is voor elk van de zes gebieden orde 300 PJ/jaar (tussen 100 en 1000 PJ/jr). Per toepassingsgebied wordt hieronder besproken wat de rol van H_2 daarin moet zijn om 100% hernieuwbaar mogelijk te maken.



2.1 Toepassingsgebied "Apparaten"

Het gaat hier om lampen, computers, pompen, machines, treinen en andere apparaten waarvoor we doorgaans elektriciteit gebruiken. Het verbruik van elektrische stroom door al die apparaten en de stroom voor alle industriële processen moet steeds gelijk zijn aan de som van alle productie van stroom. Het verbruik fluctueert flink, maar, onafhankelijk daarvan, ook de productie uit zon en wind. Zon en wind leveren nauwelijks energie bij een paar weken vorst en windstilte in januari, terwijl warmtepompen dan juist op volle toeren moeten draaien. Volgens document 42 "Opslag voor bruikbaar maken van zon en wind" is het voorlopig nog niet mogelijk om die onbalans in voldoende mate op te vangen door de vraag aan te passen aan het aanbod en/of door uitwisseling van elektriciteit binnen Europa. Voorts kunnen batterijen, accu's, stuwmeren e.d. maar een beperkte capaciteit voor opslag van het teveel bieden voor compensatie bij te weinig stroom productie, zeker als lange periodes overbrugd moeten worden. Om de onbalans op te vangen is een extra productiecapaciteit nodig van orde 100 PJ/jaar, die, afhankelijk van het verbruik van de "apparaten", tijdelijk ingezet kan worden voor de fabricage van waterstof. Technisch gezien kan de fabricagecapaciteit namelijk aangepast worden aan de beschikbaarheid van elektriciteit. Een alternatief voor de fabricage van waterstof is het tijdelijk omzetten van elektrische energie, via warmtepompen, in warmte, die relatief makkelijk kan worden opgeslagen in de buffers van een warmtenet.

2.2 Toepassingsgebied "lage temperatuur warmte"

Verwarming in gebouwde omgeving (en koeling) is goed denkbaar met grotendeels warmtenetten en geothermie in combinatie met WKO. Wel zullen er nog gebouwen zijn (monumentale binnensteden) waar verwarming op een gas (biogas of duurzaam geproduceerde methaan gemengd met waterstof) volgens sommigen de beste oplossing is. Mochten echter de duurzame productie van waterstof en methaan efficiënt genoeg zijn, dan is het denkbaar dat het voor veel meer gebouwen voorlopig de slimste oplossing zal blijken te zijn om de aardgasinfrastructuur te handhaven en geen nieuwe infrastructuur in de vorm van warmtenet en/of verzawaard elektriciteitsnet aan te leggen, al zal directe verwarming door verbranding van dit gas met veel meer CO₂-uitstoot gepaard gaan dan mogelijk is met een warmtenet met warmtepompen.

2.3 Toepassingsgebied "hoge temperatuur warmte"

Misschien kan hoge temperatuur warmte in de toekomst op enkele geschikte locaties verkregen worden met ultradiepe geothermie. Maar het meeste zal waarschijnlijk alleen efficiënt gerealiseerd worden met een brandstof. Zonder fossiel of bio is dan waterstof of een daaruit afgeleid gas of vloeistof nodig. Waterstof heeft het grote voordeel boven bio dat er geen CO₂ wordt uitgestoten (van Wijk en Hellinga, 7 mei 2018).

2.4 Toepassingsgebied "brandstof transport in Nederland"

Personenauto's kunnen wellicht nog allemaal met accu's gaan rijden (Hoe gaat Nederland er met al die miljoenen laadpalen er uitzien?). Maar vrachtauto's, bussen en schepen worden veel te zwaar. Bovendien zouden voor de productie van accu's grote hoeveelheden kostbare metalen nodig zijn. Een goed duurzaam alternatief voor die transportmiddelen lijkt waterstof of een ander daaruit geproduceerd gas, bijvoorbeeld methaan (belangrijkste bestanddeel aardgas) of vloeistof, bijvoorbeeld ammoniak, methanol of mierenzuur. In Duitsland is men daarom bezig een infrastructuur voor waterstof-stations aan te leggen.

2.5 Toepassingsgebied "brandstof internationaal transport"

Het gaat hier om zeescheepvaart en luchtvaart. Voor de zeescheepvaart geldt ongeveer hetzelfde

als voor vrachtauto's en binnenscheepvaart. Voor de luchtvaart zijn accu's nog minder geschikt en moet ook waterstof eerst omgezet worden in een meer geschikte vloeibare brandstof, vanwege het grote volume van H₂ of de zware tanks als het sterk gecomprimeerd en/of afgekoeld wordt.

2.6 Toepassingsgebied "grondstoffen"

Voor de productie van kunststoffen kunnen fossiele grondstoffen in de toekomst vervangen worden door biomassa. Maar wellicht komt daarvan niet voldoende beschikbaar. De belangrijkste basisstoffen voor de chemische industrie, zoals methanol, methaan en ethanol kunnen ook geproduceerd worden met waterstof als grondstof in combinatie met stoffen die koolstof bevatten, zoals CO en CO₂ die vrij komen bij de productie van staal. Daaraan wordt in meerdere proefprojecten gewerkt (Tatasteel met ECN; Thyssenkrupp met Bayer en andere bedrijven, waaronder AKZO). Ook wordt gewerkt aan procedé's om de koolstof uit biograndstoffen te gebruiken. Er zijn zelfs pogingen om CO₂ uit de lucht te gebruiken.

Bij de productie van staal zou overigens cokes, als bron van koolstof, in principe vervangen kunnen worden door aardgas. De vrijkomende CO₂ kan makkelijk afgevangen worden (CCS).

2.7 Conclusie over noodzaak

Als de duurzame productie van waterstof en de daarop aansluitende waterstofeconomie niet van de grond komen, blijven fossiele brandstoffen of biobrandstoffen nodig voor veel van de energie toepassingsgebieden. Dat geldt voor verreweg het grootste deel van het toepassingsgebied transport, een zeer fors deel van de toepassingsgebieden hoge temperatuur warmte en grondstoffen en een significant deel van de toepassingsgebieden "apparaten" en lage temperatuur warmte. Aangenomen moet worden dat slechts een beperkte hoeveelheid milieu- en sociaalverantwoord geproduceerde duurzame biomassa beschikbaar zal zijn. Daaruit volgt dat het dan onmogelijk is om (bijna) 100% hernieuwbare energie te bereiken en zullen we wellicht blijven steken op ongeveer 50%.

3 Waterstofkringloop analoog aan koolstof kringloop.

De natuur heeft de koolstofkringloop tot stand gebracht. Dit is uniek voor de planeet aarde. Planten hebben het vermogen om met behulp van zonlicht koolstof (C) uit CO₂ vrij te maken en vast te leggen in voedingsstoffen, zoals glucose, waarmee de plant groeit. Bovendien zorgen ze voor voeding van mens en dier, waarvan het leven anders niet mogelijk was geweest. Opvallend is dat dag-nacht ritme en zomer-winter ritme, geen wezenlijke obstakels vormen voor dat vermogen. De mens is echter steeds meer gebruik gaan maken van de vrij gemaakte koolstof uit de lucht: hout, turf en sinds zo'n 200 jaar geleden ook fossiele "hout/koolstof" resten. Dit laatste verstoort de C kringloop. Met gevolg klimaatontwrichting..

De uitdaging waar we nu voor staan is om een waterstofkringloop te creëren, waarmee we een harmonische energievoorziening krijgen, analoog aan de koolstofkringloop. Waterstof is dan de primaire energiedrager en elektrische stroom de energie overbrenger. De energie van wind en zon in de vorm van elektrische stroom, moet echter direct verbruikt worden. Uitstel door elektriciteit op te slaan is nog zeer primitief en heeft nog een lange weg van ontwikkelingen te gaan. Waterstofproductie en waterstofconsumptie zijn eenvoudiger te harmoniseren.

4 Mogelijkheden en belemmeringen voor waterstofeconomie

4.1 Elektrolyse en verdere verwerking

Waterstof kan geproduceerd worden uit duurzaam opgewekte elektriciteit door middel van elektrolyse. CE-Delft betitelt dit met “groene waterstof”, indien in Nederland geproduceerd en met “zonnebrandstof” indien geproduceerd in het Middellandse zeegebied. Enige kentallen:

- Energie-inhoud $H_2 = 40 \text{ kWh/kg} = 144 \text{ MJ/kg}$
- Benodigde duurzame elektriciteit = $40/0,7 = 57 \text{ kWh/kg}$ als gevolg van efficiency elektrolyse ca 70%.

Zou waterstof in 2050 gebruikt worden voor ruim de helft van de toepassing van energiedragers, dat wil zeggen 1440 PJ/jaar volgens het scenario van Hellinga, dan is jaarlijks een productie nodig van 10 miljoen ton waterstof. Dat is ruim 10 maal de huidige productie van waterstof (uit aardgas). Daarvoor is een elektriciteitsproductie nodig van $1440/0,7 \approx 2000 \text{ PJ/jaar} = 570 \text{ TWh/jaar}$. Als die volledig afkomstig zou zijn van windmolens op zee is daarvoor een totaal piekvermogen nodig van ongeveer 200 GW (50.000 windmolens). Als die volledig afkomstig is van zonne-energie (Concentrated Solar Power) uit de Westelijke Sahara is daar orde 250km² aan effectief spiegeloppervlak voor nodig.

Omzetting van waterstof (H_2) in ammoniak (NH_3) leidt tot een verdere teruggang van de energie-inhoud met 80% (?), zodat de van de oorspronkelijke duurzame energie 56% overblijft.

Ammoniak wordt ook wel genoemd als potentiële transportbrandstof. Bij 25°C is het vloeibaar bij een druk boven de 10 atmosfeer.

Omzetting van H_2 in methaan (CH_4) leidt tot een verdere teruggang van de energie-inhoud tot ongeveer 80% zodat de van de oorspronkelijke duurzame energie 56% overblijft.

Omzetting van H_2 in methanol (CH_3OH) kan geproduceerd worden met CO_2 via een katalytisch proces. Omzetting leidt tot een verdere teruggang van de energie-inhoud tot ..., zodat de van de oorspronkelijke duurzame energie ... overblijft.

Omzetting van H_2 in mierenzuur ($HCOOH$ of CH_2O_2) kan in principe geproduceerd worden uit water en CO_2 . Maar gebruikelijker is productie uit methanol, H_2 en CO . Omzetting leidt tot een verdere teruggang van de energie-inhoud tot 45% van de oorspronkelijke duurzame energie.

De teruggang van de energie-inhoud die optreedt bij de omzetting van waterstof in een andere stof, impliceert dat er bij die omzetting warmte vrij komt. Die zou nuttig gebruikt kunnen worden. treedt dus

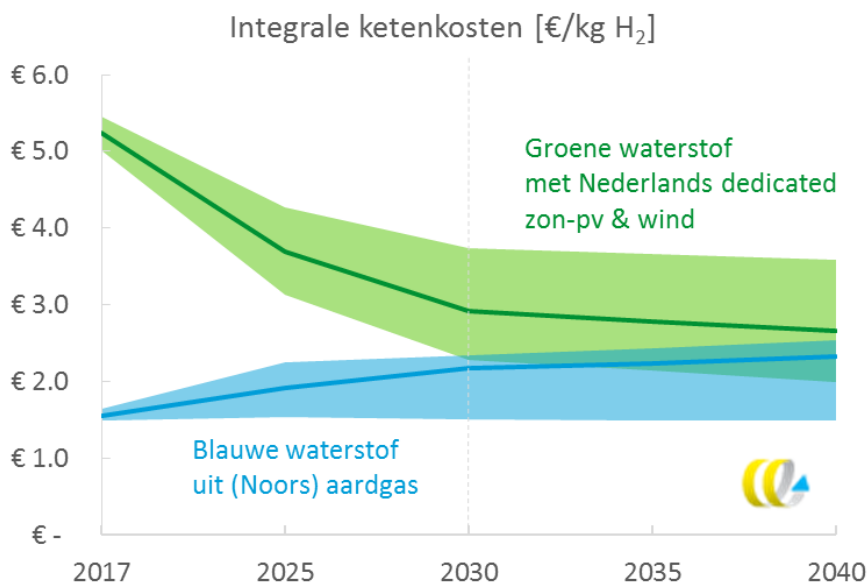
4.2 Kosten

Volgens Thijs Scholten e.a. (2015) , figuur 16, vereist een elektrolyser die 1000kW aan waterstof produceert, een investering van ongeveer €1000/kW en operationele kosten van €30/kW/jaar. Wordt de investering afgeschreven over 10 jaar en draait die installatie 8000 uur/jaar, dan zijn de kosten $\frac{\text{€}(1000/10+30)}{8000\text{kWh}} = \text{€}0,016/\text{kWh}$. Als de installatie 1000 uur/jaar draait, dan zijn de kosten $\frac{\text{€}(1000/10+30)}{1000\text{kWh}} = \text{€}0,13/\text{kWh}$. Volgens de samenvatting van dit rapport zijn de brandstofkosten voor een vrachtwagen met brandstofcel en elektrische aandrijving ongeveer €0,10/kWh, wat, bij een rendement van de voertuigaandrijving van 44% leidt tot €0,22/kWh =

€0,06/MJ effectief vermogen.

De investering in elektrolyzers vormt een belangrijk deel van de kosten. Ad van Wijk (2017) schrijft over de kosten: “Wil je groene waterstof produceren voor een concurrerende prijs van €2/kg tot €3/kg, dan moet je zorgen dat de elektrolyseapparatuur continu kan werken”. Die prijs heeft ook betrekking op de productie van de benodigde elektriciteit. Hij komt overeen met €0,05/kWh tot €0,075/kWh. Kennelijk verwacht Ad van Wijk dat die prijs over enige jaren gehaald kan worden.

CE Delft (2018) lijkt diezelfde verwachting te koesteren voor de wat verdere toekomst. Het bureau presenteert de volgende grafiek. De “integrale ketenkosten” representeren de kapitaalslasten, andere vaste lasten en variabele kosten over de gehele keten per eenheid product. De integrale ketenkosten voor een keten omvatten de kosten voor Nederland als geheel om in een gegeven waterstofvraag te voorzien.



Volgens Hygro, “producent en leverancier van waterstof”, is de productie van waterstof uit aardgas nu nog veel goedkoper.

Kunnen de kosten de komende 10 tot 20 jaar zo ver dalen dat de waterstofeconomie mogelijk wordt? Is daarvoor een flinke verhoging van de CO₂-uitstoot prijs nodig of kan het ook zonder? Bij de verbranding van aardgas komt orde 0,2 kg CO₂ vrij per kWh; bij een prijs van €50/ton CO₂ uitstoot krijgt waterstof een prijsvoordeel van orde €0,01/kWh.

4.3 Continu produceren of alleen voor tegengaan onbalans op E-net?

Als de elektrolyse-installaties alleen zouden worden geïnstalleerd voor het tegengaan van de onbalans op het elektriciteitsnet en wel zodanig dat er altijd capaciteit voor een extreem hoge piek, zullen de installaties gemiddeld slechts op enkele procenten van hun totale capaciteit draaien. Dat zal waarschijnlijk leiden tot een veel hogere prijs dan bij continue productie. Het ligt daarom voor de hand dat de fluctuaties met een periode korter dan één of enkele dagen op te vangen met accu's, spaarbekkens, vliegwielen e.d., zodat de elektrolyse-installaties in ieder geval een groot deel van het jaar continu kunnen draaien.

4.4 Centrale of decentrale productie?

De meest efficiënte productie wordt doorgaans bereikt met grote, industriële eenheden. Toch wordt vaak gesteld dat elektrolyzers ook op veel kleinere schaal mogelijk zijn, bijvoorbeeld bij een windmolenparken op zee (op een eiland op poten vergelijkbaar met een booreiland? Of op een schip?). Volgens Hygro is productie in een windmolen mogelijk: een “waterstofmolen”, zodat de windturbine niet meer op het elektriciteitsnet aangesloten hoeft te worden.

Transport van waterstof via een pijpleiding is vrij efficiënt. Volgens Hygro zou het zelfs 10x zo goedkoop zijn als het transport van elektriciteit. Misschien goed om dit verder uit te zoeken.

Productie in zonnrijke landen (Sahara), met elektriciteit uit concentrated Solar installaties, lijkt ook aantrekkelijk, waarbij waterstof in speciale tankschepen wordt vervoerd naar NW-Europa, zoals Ad van Wijk (2017) voorstelt.

5 Op weg naar waterstofeconomie

Thans wordt H₂ al grootschalig (800 miljoen kg/jaar) toegepast voor de productie van onder meer ammoniak, grondstof voor kunstmest. Die waterstof wordt nu voornamelijk uit aardgas geproduceerd, door CE Delft betiteld met “grijze waterstof”. Dat kan als startpunt gebruikt worden om, onafhankelijk van elkaar, enerzijds duurzame productiemethoden te ontwikkelen (er is een afzetmarkt), anderzijds nieuwe toepassingsvormen te ontwikkelen (er is al waterstof te koop).

De meest haalbare volgende toepassing lijkt die voor vrachtwagens en/of bussen. Dat vereist nog twee ontwikkelingen:

- Vergroting van de efficiency van de brandstofcel.
- Een nieuwe infrastructuur van tankstations die hun waterstof krijgen via nieuwe pijpleidingen of met tankauto's of tankstations met eigen elektrolyser (die eventueel ook kan bijdragen aan het tegengaan van onbalans in het elektriciteitsnet). Zie ook Thijs Scholten e.a. (2015) en Leendert van der Ent (2017).

Volgens Jochem Huygen (2017) van HyMove, producent van brandstofcellen voor waterstof, kunnen elektrolyzers bij elk tankstation hun elektriciteit geleverd krijgen uit het middenspanningsnet. Daarvoor is slechts een relatief kleine uitbreiding van het net nodig. HyMove vergelijkt dit met de verzwaren van het laagspanningsnet die nodig zou zijn voor personenauto's op accu's (elektriciteitsverbruik per huishouden 3000 kWh/jaar) en/of verwarming van ieder huishouden met warmtepompen (elektriciteitsverbruik per huishouden ook nog eens 3000 kWh/jaar).

Volgens Rijkert Knoppers (2018) hebben AKZO en Gasunie plannen om in 2019 een elektrolyse eenheid van 20 MW te bouwen in Delfzijl met een productie van 3 miljoen kg H₂/jaar. Dat zou voldoende zijn 300 waterstofbussen op te laten rijden. Ook heeft Gasunie een plan voor een productie eenheid van 1 MW (“HyStock”) onder meer gevoed door 5.000 zonnepanelen, waarbij waterstof deels wordt opgeslagen in de zoutcaverne Veendam die nu als aardgasbuffer wordt gebruikt. De publicatie vermeldt niet of de waterstof zich duurzaam laat opslaan in de ondergrond zonder dat het wegsijpelt of ergens mee reageert.

Waternet, Stedin en enige aannemers starten het project “Power to X”. Daarbij wordt een

zonnepark in Nieuwegein met capaciteit 8,6 MW gecombineerd met waterzuivering, elektrolyse (in de zomer; enige MW), tankstation met H₂ voor 300 auto's en enige bussen en verwarming van Lekwater via warmtepompen in de zomer (tot 40°C à 70°C) voor opslag ervan in de bodem om de warmte in de winter te gebruiken voor woningen in Rijnhuizen.

Hygro (2017) is samen met windmolenfabrikant Lagerwey en ECN bezig met het project "Duwaal", waarbij een "waterstofmolen" (windmolen met elektrolyser) wordt neergezet in Wieringerwerf. Het gaat nog wel om een windmolen die ook aan het net levert, al wil Hygro toe naar windmolens die alleen waterstof produceren, dat naar de klanten getransporteerd wordt door waterstofpijpleidingen. Zolang die leidingen er nog niet zijn moet het transport per tankauto gaan. De waterstof zou gebruikt moeten worden door vrachtauto's.

Volgens Gerard Reijn (2017) gaan Nuon, Gasunie en de Noorse oliemaatschappij Statoil gaan nauw samenwerken om een deel van Nuons Magnum-centrale in de Eemshaven vanaf 2023 te laten draaien op H₂. Die wordt gefabriceerd uit aardgas. Daarbij komt CO₂ vrij in hoge concentratie. Statoil gaat die onder de zeebodem opslaan: CCS. Vermogen 440 MW. Ze vragen €200 miljoen subsidie aan. Is dit een geschikte tussenoplossing voor een aantal decennia? Dat is het zeker volgens CE Delft, die dit betitelt met "blauwe waterstof".

Ad van Wijk (2017) pleit er voor na te gaan of een elektrolyse gecombineerd kan worden met biomassavergassing ten behoeve van grondstoffen. Die vergassing vereist namelijk zuivere zuurstof en die komt in grote hoeveelheid vrij bij elektrolyse.

Volgens Hans Verbraeken (2018) hebben elf energie-intensieve industriële concerns in Zeeland, West-Brabant en Vlaanderen een plan opgesteld om hun CO₂-uitstoot met ongeveer 90% beperken door gebruik te maken van duurzame waterstof. De overheid speelt een belangrijke rol in dat plan.

De waterstofeconomie vereist een flinke infrastructuur voor transport en opslag van waterstof. Volgens van Wijk en Hellinga (2018) kunnen bestaande aardgasleidingen relatief makkelijk worden omgebouwd voor het transport van waterstofgas en kan door een dergelijk leiding met de waterstof bijna even veel energie getransporteerd worden als met aardgas. Dat energietransport zou voor lange afstanden een fractie kosten van dat van elektriciteit met hoogspanningsleidingen. Opslag van waterstof zou relatief makkelijk plaats kunnen vinden in zoutkoepels.

6 **Beleid**

Het is zinvol om de waterstofeconomie met kracht en bestendig beleid te stimuleren. Daarvoor pleit dat het dan mogelijk wordt om elektriciteitscentrales op kolen, gas en nucleair uit te zetten of te ontmantelen bij gelijktijdige plaatsing van wind en zonneparken. Het is een toekomstbestendige weg. De investeringskosten zullen hoog zijn, maar de gesocialiseerde kosten van fossiel verdwijnen en de productiekosten zijn laag. Bovendien is het probleem, in een gereguleerde markt, niet primair een geldprobleem, maar een vraag van overleven we het met zijn allen op deze aarde. In een vrije markt van het neoliberalisme, zal dit niet lukken. Vervuilen is daarin immers erg lucratief. EU zal dan wel USA moeten overwinnen. China en India zouden daarbij bondgenoten van EU kunnen worden.

Welke overheidsmiddelen kunnen daarvoor ingezet worden?

- Formuleren van een nationaal plan met kwantitatieve doelen zoals “In 2030 moet tenminste 10% van de totaal gebruikte duurzame energie gebruikt worden in de vorm van waterstof of daaruit afgeleide stoffen; in 2040 tenminste 25%; in 2050 tenminste 40%.”
- Planning infrastructuur voor industrie, wegtransport en waterwegtransport.
- Participeren in of opzetten van Europese industriële projecten voor onderzoek, ontwikkeling en innovatie
- Stimuleren van “thermische planning” om de restwarmte die bij verschillende processen vrij komt nuttig te gebruiken, bijvoorbeeld voor verwarming van gebouwen.
- Subsidie (SDE+) voor ontwikkeling en opschaling
- Coördinatie aanpak onbalans op elektriciteitsnet
- Geleidelijk strenger wordende normen voor brandstoffen voor ieder van de transportsoorten
- Zorgen voor hoge prijs van CO₂-uitstootbelasting
- Belasting op fossiele brandstof voor luchtvaart
- Vrijstelling accijns op duurzame transportbrandstof (is er nu) vastleggen voor vele jaren
- Rem op ontwikkeling accu-auto's

7 Conclusies

- Zonder de omzetting van elektriciteit uit zon en wind in waterstof (P2G) lijkt het onmogelijk om (bijna) 100% hernieuwbare energie te bereiken. Waterstof lijkt onmisbaar voor de toepassingsgebieden transport in Nederland en internationaal transport. Dat geldt ook voor een zeer fors deel van de toepassingsgebieden hoge temperatuur warmte en grondstoffen. Voor de toepassingsgebieden “apparaten” en lage temperatuur warmte zal de beschikbaarheid van duurzaam geproduceerde H₂ tegen een redelijke prijs ook welkom zijn.
- Waterstof die geproduceerd wordt in een elektrolyseproces bevat ongeveer 80% van de toegevoerde elektrische energie. Een belangrijk nadeel van waterstof als energiedrager is het grote volume. Daartoe kan het zinvol zijn waterstof om te zetten in ammoniak, methaan, methanol of mierenzuur. Daarbij gaat opnieuw een flink deel van de energie “verloren”, zodat er orde de helft van de oorspronkelijk elektrische energie overblijft.
- De kosten van productie van waterstof uit zon en wind zijn nog steeds hoog in verhouding tot die van fossiele energiedragers zolang de CO₂-uitstoot niet significant belast wordt. De verwachting is dat de kosten in eerste instantie alleen voldoende kunnen dalen als de elektrolyse installaties een groot deel van de tijd op maximum capaciteit draaien. Het is nog niet duidelijk of/wanneer waterstofproductie op grote schaal gebruikt kan worden om de onbalans op het elektriciteitsnet tegen te gaan. Kleinschalige eenheden lijken redelijk haalbaar.
- De start van de waterstofeconomie kan gebruik maken van het feit dat er al een flinke markt voor waterstof is en een flinke productie uit aardgas. Er zijn thans enige initiatieven van serieuze partijen in Nederland voor kleinschalige productie van waterstof. Grootschaliger is het plan om nog meer waterstof uit aardgas te maken en de geproduceerde CO₂ op te slaan in de Noorse velden (CCS), door CE-Delft met “blauwe waterstof” betiteld. Het is zinvol om de waterstofeconomie met kracht te stimuleren. Het is een toekomst bestendige weg, een kwestie van overleven. De investeringskosten zullen hoog zijn, maar de gesocialiseerde kosten van fossiel verdwijnen en de productiekosten zijn laag. De overheid moet de ontwikkeling sturen. Wellicht is de suggestie van CE-Delft goed om de waterstofeconomie snel op te starten met vooral blauwe waterstof om die te zijner tijd door groene waterstof en zonnebrandstof te vervangen.

Literatuur

CE Delft (juni 2018). Waterstofroutes Nederland – blauw, groen en import.

Leendert van der Ent (2017). Waar blijft de waterstof infrastructuur? Technisch Weekblad, 2017-3 (20 januari).

Jochem Huygen (2017). De noodzaak van waterstof. HyMove, InnoTeP 2017.

Hygro (2017). Enabling hydrogen from wind to wheel. Position paper.

ISPT (2017). Power to Ammonia. ISPT, TES 115001

Rijkert Knoppers (2018). Grote waterstoffabriek in Delfzijl. Technisch Weekblad, 2018 – 2.

Gerard Reijn (2017). Eerste klimaatneutrale energiecentrale ter wereld komt in Eemshaven. Volkskrant, 7 juli 2017.

Thijs Scholten, Bettina Kampman, Harry Croezen, Eelco den Boer en Frans Rooijers (2015).

Duurzaam gas in zwaar goederenvervoer over de weg, visie 2025-2050. CE-Delft, 15.3B68.19

Hans Verbraeken (18 april 2018). Zware industrie komt met ambitieus klimaatplan. Financieel Dagblad.

Ad van Wijk (2017). Nederland Waterstofland. De Ingenieur, 2017-8, blz 32-35.

Ad v Wijk & Hellinga (7 mei 2018) “Waterstof, de sleutel voor de energietransitie”, TUDelft.