

Vragen en antwoorden die in de chat gesteld zijn tijdens de Botlek Studiegroep bijeenkomst op 14 oktober 2021.

Thema: Waterstof

Lezing van: Wim Hesselink, Technip

Titel: Waterstof tot nadenken

1. Bij het meest positieve scenario, bijvoorbeeld 2050, hoeveel H<sub>2</sub> moet er geproduceerd worden om aan de verwachte vraag te voldoen? is dit haalbaar?

Dat hangt van veel factoren af. Een eerste aanname is dat de totale vraag naar energie gelijk blijft aan de huidige vraag. Dit is afhankelijk van bevolkingsgroei, energiebesparende maatregelen en de toekomst van de industrie in Nederland, inclusief de ambitie om waterstof-hub en datacentrum van Europa te worden. Voor Nederland was het energie gebruik in 2019 volgens het CBS ongeveer 3000 PJ (som van aardgas, aardolie, kolen en overig).

Dan komt de vraag hoe die vraag verdeeld zal worden over de diverse energieleveringsmogelijkheden. De productie van elektriciteit m.b.v. wind- en zonne-energie zal flink toenemen. Die elektriciteit zal bij voorkeur direct worden gebruikt (zoals export, omschakeling elektriciteit (elektrificatie), opslag in onder andere van elektrische auto's) zonder dat omzetting naar waterstof nodig is. De rest van de energiebehoefte zal dan bv uit waterstof moeten komen. Als dat 50% is (om maar een rekenvoorbeeld te nemen), dan is de benodigde jaarlijkse waterstof productie gelijk aan 1500 PJ. Dat is ongeveer 16 miljoen Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub>.

NB Vanuit het Barclay's rapport bekeken (dat ik in de presentatie aanhaalde, slide 7), zou de totale wereldwijde vraag aan waterstof ongeveer vertienvoudigen tot 2050. De huidige geïnstalleerde capaciteit waterstofproductie in Nederland is nu ongeveer 1 miljoen Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> wat zou resulteren in een waterstofbehoefte van ongeveer 10 miljoen Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> in 2050.

Een grote blauwe waterstof fabriek heeft een capaciteit van ~250 kNm<sup>3</sup>/h, dus dan zijn er 64 fabrieken nodig om aan een productie van 16 miljoen Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> te voldoen. Een fabriek heeft een levensduur van ongeveer 25 jaar, dus op vervangingsbasis zijn er jaarlijks ongeveer 2.5 nieuwe H<sub>2</sub> fabrieken nodig. Dat is zeker haalbaar. Om binnen 10 jaar deze H<sub>2</sub> productiecapaciteit te leveren, moeten er de komende 10 jaar zo'n 6.5 fabrieken per jaar worden gebouwd. Ook dat is prima haalbaar.

De genoemde 16 miljoen Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> in 2050 kan ook als groene waterstof geproduceerd worden. De energiewaarde van de waterstof is 56 GW (HHV basis) wat bij een electrolyser rendement van 68% een elektriciteitsvraag van 83 GW oplevert. Bij een loadfactor van 0.55 voor windenergie op de Noordzee; zal dat een benodigde geïnstalleerde capaciteit aan windenergie van maar liefst 150 GW impliceren.

2. Wat is het maximale totaal rendement van een grijze waterstof productie unit?

Grijze waterstoffabrieken hebben een hoog rendement (tot boven 90%) in een omgeving waar het bijproduct hoge druk stoom kan worden geconsumeerd. Dit is veelal het geval in een industriële omgeving. Als exporteren van stoom niet gewenst is, daalt het rendement naar ongeveer 80-85% (LHV basis).

3. Waarom zou je zoveel moeite doen en veel geld uitgeven om CO<sub>2</sub> af te vangen en op te slaan als je ook goedkope groene waterstof kunt maken?

Als groene waterstof inderdaad goedkoper is, kun je beter direct naar groen gaan (vanwege economische redenen). Echter, op dit moment is de prijs van groene waterstof nog een factor 2-3 hoger dan die van blauwe waterstof. Dit komt deels door de hoge kosten van electrolyzers, als ook door het grote elektriciteitsgebruik.

Nog veel belangrijker is het effect op de CO<sub>2</sub> uitstoot, met name op korte tot middellange termijn. Door naar het hele plaatje te kijken is dit anders dan het in eerste instantie lijkt. Hierbij moet er benadrukt worden dat er op dit moment nog onvoldoende groene elektriciteit wordt opgewekt. Gebruik van elektriciteit in electrolyzers ten behoeve van waterstof productie resulteert dan in een verhoogde behoefte aan elektriciteit geproduceerd in een gasgestookte elektriciteitscentrale, waardoor er dus netto meer CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten.

Ter illustratie: stel dat er een nieuw park met windturbines wordt gebouwd waar gemiddeld 1 GW wordt opgewekt. Dan kan deze groene elektriciteit direct aan het net worden toegevoegd. Daarmee kan dan een gascentrale van 1 GW worden afgeschakeld, wat ruim 2800 kton per jaar aan CO<sub>2</sub> uitstoot scheelt.

Gebruik je de opgewekte elektriciteit echter voor de productie van waterstof, dan kan de gascentrale niet worden afgeschakeld en krijg je dus niet de reductie van 2800 kton/jaar. Bij de omzetting van elektriciteit naar waterstof verlies je energie (ruim 30%). De geproduceerde waterstof (~190 kNm<sup>3</sup>/h) kan vervolgens ook een bepaalde hoeveelheid aardgas vervangen (voor verwarmingsdoeleinden) en daarmee ook CO<sub>2</sub> uitstoot verminderen. Echter, dat is slechts 1000 kton per jaar dus veel minder dan wanneer de elektriciteit direct aan het net zou worden geleverd. Het verschil in CO<sub>2</sub> reductie voor beide opties is 1800 kton/jaar!

Met andere woorden: door te investeren in een electrolyser is de CO<sub>2</sub> uitstoot hoger dan wanneer er geen waterstof wordt gemaakt (maar de elektriciteit direct wordt gebruikt)! Het grote verschil komt uit de relatief lage efficiency van een gascentrale (60%) en de verliezen van de electrolyser (efficiency van 68%).

Uiteraard geldt dit alleen wanneer de geproduceerde elektriciteit uit het windpark ook direct in het net kan worden gebruikt. Mocht er (bij harde wind) meer groene elektriciteit beschikbaar zijn, dan kan het overschot m.b.v. electrolyzers worden omgezet in waterstof en dus alsnog nuttig worden gebruikt. Maar dat geldt alleen voor het overschot, dus bij het "aftoppen" van de pieken. Onder normale omstandigheden is het beter om de elektriciteit direct te gebruiken.

In plaats van te investeren in een groene waterstoffabriek (electrolyzers) zou een blauwe H<sub>2</sub> fabriek veel meer effect opleveren. Deze gebruikt niet de hoogwaardige groene elektriciteit uit het windpark. Een blauwe H<sub>2</sub> fabriek zal aardgas gebruiken, maar aangezien de gascentrale van 1 GW wordt afgeschakeld, is dat gas al beschikbaar. Door dit aardgas in een steam-reformer om te zetten kan er zo'n 370 kNm<sup>3</sup>/h blauwe waterstof worden gemaakt. De blauwe H<sub>2</sub> fabriek heeft weliswaar nog enige CO<sub>2</sub> uitstoot maar bij een carbon capture van 90% is dat nog slechts 290 kton per jaar. De geproduceerde waterstof kan daarentegen een hoeveelheid aardgas (voor verwarming) vervangen, wat een reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van ruim 1900 kton per jaar oplevert.

Het netto effect van een blauwe fabriek is dan ongeveer 1600 kton/jaar verminderde CO<sub>2</sub> uitstoot.

NB De investeringen voor een blauwe H<sub>2</sub> fabriek van 370 kNm<sup>3</sup>/h zijn ongeveer gelijk aan die van een electrolyser met een capaciteit van 190 kNm<sup>3</sup>/h.

Samengevat: De als groen geziene waterstof productie in een electrolyser verhoogt de CO<sub>2</sub> uitstoot juist met 1800 KTA (t.o.v. groene elektriciteit die direct aan het net wordt gevoed), waar een blauwe waterstoffabriek de uitstoot juist verder verlaagt met 1600 KTA.

De vraag is dus of je de CO<sub>2</sub> uitstoot wilt verhogen middels de dure productie van "groene" waterstof, voordat de beoogde doelstelling van de waterstofeconomie is behaald: Het omzetten van teveel geproduceerde elektriciteit in waterstof ten behoeve van opslag van de opgewekte energie, dan wel vervanging van aardgas en andere fossiele bronnen.

De belangrijkste les is hier dus dat de eerste stap naar een low-carbon maatschappij, de productie van groene elektriciteit is. Door die elektriciteit direct te gebruiken (zonder verdere omzetting) zijn de grootste stappen te maken wat betreft reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot. Pas als er meer groene elektriciteit beschikbaar is dan benodigd, heeft het zin om het om te zetten in waterstof. Dit kan dan ook als buffer dienen om periodes met weinig wind te overbruggen. Dit betekent niet dat er nu niet naar ontwikkeling van electrolyzers moet worden gekeken. Deze zullen op termijn zeker nodig zijn om de fluctuaties in wind en zonne-energie te dempen.

Bulk productie van waterstof kan, zeker aan het begin van de energietransitie, echter beter m.b.v. blauwe waterstof fabrieken worden gemaakt.

Behalve het effect op de CO<sub>2</sub> emissies is ook de capaciteit om de electrolyzers zelf te produceren van belang.

Hier zijn er namelijk grote beperkingen te verwachten. De huidige wereldwijde productie is ongeveer 1 GW per jaar. Dat is een waterstof productiecapaciteit van ongeveer 190 kNm<sup>3</sup>/h. Ter illustratie (zie vraag 1): de NL vraag naar H<sub>2</sub> in 2050 zou ongeveer 10-16 mln Nm<sup>3</sup>/h zijn. Dat is 53 - 84 GW. De wereldwijde vraag zal met gemak een factor 100 hoger zijn, dus minimaal 5000 GW.

Er zal dus nog flink wat opschaling nodig zijn. De verwachting is dan ook dat het nog geruime tijd (>10-15 jaar) zal duren voordat er voldoende capaciteit zal zijn om electrolyzers op grote schaal en een lage prijs te produceren.

Hoewel het interessant lijkt om nu te investeren in de productie van waterstof in electrolyzers is de werkelijke vraag: In welk type electrolyser? In het verleden is er veel energie gestopt in het ontwikkelen van besparende lampen, maar vrijwel niemand heeft voorspeld dat de dominantie technologie LED zou worden. Er wordt hard gewerkt aan nieuwe generatie electrolyzers (solid state, die bij hoge temperatuur werken en een veel hoger rendement halen). Het lijkt zinvoller om de ontwikkeling van electrolyzers met hoger rendement te stimuleren en pas na 2030 de kostenverlaging te stimuleren.

#### 4. Als blauw beter is dan groen, waarom produceren we dan überhaupt groen?

Zoals betoogd, is de huidige productie van waterstof in electrolyzers NIET groen. Een productiemethode moet niet worden verward met een CO<sub>2</sub> intensiteit van productie. Het is hoog tijd om een de discussie over groene waterstof te transformeren van "waterstof uit electrolyzers is groen mits" naar "waterstof uit electrolyzers is grijs tenzij". Dit is een morele verplichting aan de maatschappij: Het waarschuwen voor mogelijk negatieve gevolgen van een product.

Het inkopen van certificaten voor groene energie, neemt niet weg dat de gebruikte groene energie niet gebruikt kan worden om elektriciteitsopwekking met aardgas te reduceren. Waar de certificaten bedoeld waren om de gebruiker te laten zien dat extra betaald geld voor elektriciteit gebruikt werd om de energieopwekking met aardgas te reduceren middels investering in duurzame energieopwekking, wordt het nu gebruikt om energie intensieve nieuwe producten te legitimeren.

Groot nadeel van blauw is (zoals ik ook in mijn presentatie aangaf) dat er nog steeds fossiele brandstoffen worden gebruikt. En die zijn uiteraard eindig. Daarnaast zijn lege gasvelden nodig om de CO<sub>2</sub> in op te slaan. Daarom zal het op termijn (meerdere decennia) noodzakelijk zijn, om over te schakelen op volledig groene waterstof. Echter, als er op korte termijn resultaten behaald moeten worden, moet er gekozen worden voor een kost effectieve en daadwerkelijk CO<sub>2</sub> uitstoot besparende technologie.

Voor de overgangsfase zal blauwe waterstof een grote rol spelen. In de eerste plaats om de infrastructuur die op waterstof is gebaseerd op te zetten en de vraag te ontwikkelen. Ten tweede om kosteneffectief grote stappen in de reductie van CO<sub>2</sub> uitstoot te maken.

In de toekomst kan de blauwe waterstoffabriek (die aardgas als voeding gebruikt) eenvoudig worden omgebouwd tot een fabriek met biomassa als voeding. Door dan alsnog CO<sub>2</sub> af te vangen en op te slaan, kan waterstof met een negatieve CO<sub>2</sub> footprint geproduceerd worden, waarmee we de uitstoot uit het verleden dus kunnen compenseren. De investering in blauwe waterstof is niet een tijdelijke overbrugging, maar ook een investering in de toekomst.

#### 5. Er wordt nooit waterstof gemaakt via elektrolyse vanuit grijze elektriciteit.

Het inkopen van certificaten voor groene energie, neemt niet weg dat de gebruikte groene energie niet gebruikt kan worden om elektriciteitsopwekking met aardgas te reduceren. Waar de certificaten bedoeld waren om de gebruiker te laten zien dat extra betaald geld voor

elektriciteit gebruikt werd om de energieopwekking met aardgas te reduceren middels investering in duurzame energieopwekking, wordt het nu gebruikt om energie intensieve nieuwe producten te legitimeren.

Het gebruik van groene elektriciteit moet worden beoordeeld op effectiviteit, en daar worden ingezet waar het de meeste CO<sub>2</sub> reductie realiseert.

**6. Pessimistische kijk op snelheid invoering electrolyzers.**

Er zal flink moeten worden geïnvesteerd in de productie van electrolyzers waarbij opschalen over de hele linie, van grondstof winning via transport naar productie. Dit geldt niet alleen voor de electrolyzers maar ook voor de opwekking van elektriciteit. De vraag is of je nu moet investeren in een product dat duurder is, niet groen is, waar veel opschaling voor nodig is, met achterliggend risico dat tegen de tijd dat de opschaling bereikt is, de technologie verouderd is.

Er is recent heftig gedebatteerd in de Nederlandse politiek over compensatie voor huishoudens voor de sterk gestegen energierekening. Er komt nu compensatie van ongeveer 0.5 miljard Euro. Het halen van de energiedoelstellingen vergt een veel grotere jaarlijkse uitgave, volgens de huidige schatting 14 miljard per jaar, hoewel sommigen denken dat de uitgave eenmalig is. Bij een gelijkblijvend GBP en handhaven begrotingsnormen is dat een hele uitdaging.

De energie transitie vergt zeer veel kapitaal, grondstoffen en mankracht van de maatschappij. Een relatief kleine opleving van de productie in het (voor westerse wereld) post-corona tijdperk resulteert in sterk stijgende aardgasprijs, prijs voor containervervoer en tekort aan personeel.

Volgens "windopzee.nl" zal de toekomstige windenergie tot ongeveer 2030 met 8.5GW uitgebreid worden; voor een verwachte elektriciteitsbehoefte voor groene waterstof van ongeveer 100 GW in 2050.