OVER MORGEN



De positie van waterstof in de energietransitie

Een nuancering van de belofte

Tomas Mathijsen, Ingrid Giebels, Peter-Paul Smoor



COLOFON

Publicatie
Titel: De positie van waterstof in de energietransitie: een nuancering van de belofte
Auteur: Over Morgen; Tomas Mathijsen, Ingrid Giebels, Peter-Paul Smoor
Contactpersoon: Tomas Mathijsen
Datum: november 2018
Versie: 4

Wie wij zijn
Wij zijn Over Morgen. Met ruim 70 adviseurs werken wij aan zichtbare oplossingen voor een duurzame leefwereld. Dit doen wij met een integrale aanpak op het snijvlak van gebiedsontwikkeling én energietransitie. We vinden het belangrijk om naast het werk in opdracht ook zelf te investeren. We hebben alle disciplines in huis om elk ruimtelijk vraagstuk op te lossen. We helpen je met project- en procesmanagement, selectie en aanbesteding, financiële en juridische vragen en participatie.

Contactgegevens
Voor meer informatie en vragen over deze publicatie kan je via info@overmorgen.nl contact met ons opnemen.

Over Morgen
Kleine Koppel 26
3812 PH Amersfoort

Eigendomsrechten
De inhoud van onze publicatie mag alleen na schriftelijke toestemming van Over Morgen worden vermenigvuldigd. Neem hiervoor contact op met Over Morgen via: info@overmorgen.nl.

Onze visie

Het is tijd
De druk op onze leefomgeving neemt toe. Met dezelfde ruimte willen we steeds meer doen. Je weet dat het de hoogste tijd is om in beweging te komen. Werk te maken van de leefbare stad, van elektrisch vervoer, van een vitaal platteland en van zonne-energie en aardgasvrije wijken. Je ziet de mogelijkheden en de voordelen. Je weet alleen nog niet hoe je het zo simpel maakt dat iedereen geïnspireerd raakt om mee te doen.

Zullen we?
Wij zijn Over Morgen. Mensgericht, creatief, realistisch en thuis in duurzame gebiedsontwikkeling. We maken haalbare plannen en stellen heldere, meetbare doelen. Doen terwijl we denken. Zijn transparant en aanstekelijk. Brengen de juiste mensen bij elkaar. Kijken verder dan geld. Nemen verantwoordelijkheid. Zijn goed in tegengestelde belangen. Organiseren funding en ondernemen zelf ook mee, want we zijn pas gelukkig als plannen werkelijkheid worden.

Kijk maar eens
Naar de warmtetransitievisies die we maken voor grote Nederlandse gemeenten. Naar onze Prognose Elektrisch Vervoer. Naar onze omgevingsvisies. Stuk voor stuk inhoudelijke, inspirerende, verbindende en uitvoerbare projecten. Gebaseerd op feiten en data. Projecten waarmee we samen duurzame impact maken. Een slimmere, groenere, betere wereld. Elke dag weer.

Over Morgen begint nu.

Naarmate we verder in de energietransitie komen, zijn er nieuwe hordes te overwinnen. Het dichtdraaien van de gaskraan in Groningen vraagt om een alternatief voor aardgas in de industrie en gebouwde omgeving. Daarnaast zien we een sterke groei van zonne- en windenergie waarvoor opslag essentieel gaat worden om energievraag en -aanbod beter op elkaar af te stemmen. Ook ligt er de opgave om auto's, vrachtwagens, schepen en vliegtuigen te verduurzamen.

Waterstof lijkt op papier een antwoord te hebben op al deze uitdagingen. Het gebruik van waterstof zal ongetwijfeld deel gaan uitmaken van een duurzame toekomst. De beloftes die vaak worden neergelegd over de rol van waterstof in de energietransitie vragen echter om nuancering.

DE WATERSTOFBELOFTE

Voor een aantal van de genoemde uitdagingen lijkt waterstof een interessante oplossing. We onderscheiden vijf potentiële rollen voor waterstof:[1]

- Waterstof als energiebuffer
- Waterstof als transportbrandstof
- Waterstof als grondstof voor de industrie
- Waterstof voor industriële proceswarmte
- Waterstof voor de verwarming van woningen

Waterstof als buffer

Overdag wordt vaak meer zonne-energie opgewekt dan in de nacht, omdat simpelweg de zon dan niet schijnt. Ook per maand verschillen de opbrengsten van zowel zon als wind.[2] In de winter is de vraag naar elektriciteit groter dan in de zomer, omdat we langer het licht aan hebben en er een grotere vraag is naar warmte voor het verwarmen van gebouwen. Kortom, we verwachten een mismatch tussen vraag en aanbod als we straks voornamelijk met duurzame bronnen zoals zon en wind gaan werken.

Om dit gat op te vangen kan waterstof als buffer dienen. Daartoe wordt waterstof geproduceerd met behulp van elektriciteit (Power-to-Gas), opgeslagen en later ingezet op het moment dat er een tekort aan energie is.

Waterstof als transportbrandstof

Fossiele brandstoffen domineren de markt als het gaat om vervoer. De elektrische auto is in opkomst, maar heeft nog een flinke weg te gaan. Parallel aan dit traject loopt de ontwikkeling van een efficiënte brandstofcel, waarmee auto's op waterstof kunnen gaan rijden. De waterstofauto belooft sneller tanken en is met hogere capaciteiten ook inzetbaar voor zwaarder vervoer zoals vrachtwagens. Mogelijk is waterstof op den duur ook in te zetten voor vliegtuigen en schepen.

Waterstof voor industriële proceswarmte

Zware industrie vraagt om hoge temperaturen. Denk bijvoorbeeld aan de hoogovens in de staalindustrie en papierfabrieken. Deze temperaturen zijn met de huidige stand van de techniek nog lastig te realiseren met duurzame alternatieven. De verbranding van waterstof zorgt (net als bij aardgas) voor een hoge temperatuur gasvlam en is dus goed inzetbaar in de zware industrie.

Waterstof voor de verwarming van woningen

Ook de gebouwde omgeving moet van het aardgas af. Nieuwbouw krijgt al geen gasaansluiting meer en uiterlijk in 2050 moet ook de bestaande bouw aardgasvrij zijn. Oplossingen zijn voor handen, maar vooral oude gebouwen zijn moeilijk geschikt te maken voor de twee dominante huidige oplossingen, namelijk individueel all electric (veelal warmtepompen) en collectief met een warmtenet. Dit komt onder andere door de hoge kosten voor zowel isolatie als de inpassing van de nieuwe installaties in het gebouw. Door het gasnet om te bouwen is waterstof inzetbaar in de bestaande netten tegen een beperkte investering van circa 700 miljoen euro.[3]

Waterstof als grondstof voor de industrie

Hoewel waterstof voor bovenstaande doeleinden nog haar introductie moet doen, wordt het molecuul al volop ingezet als grondstof voor de industrie. Ammoniak en methanol worden bijvoorbeeld uit waterstof vervaardigd en zijn weer grondstoffen voor andere producten in de chemische industrie en de productie van kunstmest. Jaarlijks wordt 10 miljard kuub per jaar aan waterstof gebruikt in de industrie.[4] Dit is qua energie-inhoud vergelijkbaar met bijna 3 miljard kuub aardgas.

Kortom, waterstof kan een grote(re) rol spelen in de energietransitie en als basis dienen voor een breed scala aan doelen. Probleem opgelost! Toch?

NUANCERING VAN DE BELOFTE: WELKE BRON GEBRUIKEN WE?

Waterstof is echter geen energiebron, maar een energiedrager. Om waterstof te maken zijn er op dit moment twee bronnen beschikbaar: aardgas en water.

Omzetting van aardgas naar waterstof vindt plaats door een reformingproces met een efficiëntie van circa 70 procent[5]. Daarbij komt, net als bij verbranding van aardgas, CO_2 vrij. In theorie kan deze worden opgevangen en opgeslagen onder de grond, zowel onshore als offshore. Dit wordt Carbon Capture and Storage genoemd (CCS).

Omzetting van water naar waterstof vindt plaats via elektrolyse, waarbij het water door middel van elektriciteit gesplitst wordt in waterstof en zuurstof met een efficiëntie van circa 75 procent[6]. Wanneer de elektriciteitsbron duurzaam is, kan waterstof CO_2-neutraal geproduceerd worden. We spreken dan van groene waterstof. Als waterstof wordt gemaakt met elektriciteit uit fossiele gas- en kolencentrales, of met een reformingproces uit aardgas, wordt gesproken van grijze waterstof.

Groene waterstof is dus een schone energiedrager. Helaas is dit product schaars en zal dat voorlopig ook nog zo blijven. Dat heeft te maken met schaarste van duurzame bronnen, of eigenlijk duurzame overschotten, waaruit betaalbaar groene waterstof gemaakt kan worden. Op dit moment is ongeveer 14 procent van ons elektriciteitsverbruik duurzaam opgewekt (wind, zon, biomassa en een fractie waterkracht).[7] Er is nog geen sprake van structurele overschotten; bijna al deze elektriciteit wordt dus direct ingezet voor gebruik.

In Duitsland, waar de totale duurzame energieproductie op 36 procent van het totale energieaanbod ligt[8], is ook nog (lang) niet voldoende overschot om rendabel groene waterstof te maken. In 2017 was er totaal een kleine week aan overschotten beschikbaar, dat is nog geen 2 procent van de tijd.[9]

De vraag is zelfs of er in Nederland überhaupt voldoende overschotten zullen zijn in de toekomst. Als alle Nederlandse windpotentieel op de Noordzee (40 gigawatt) wordt gebruikt voor de productie van waterstof, levert dat maar 14 miljard kuub aardgasequivalent (ongeveer 40 miljard kuub waterstof) op.[10] Dat zou bijna 40% zijn van het huidige gebruik (37 miljard kuub aardgas per jaar in 2017). De komende jaren zal de gasvraag eerder toe dan afnemen, gezien de uitfasering van kolen en de inzet van Liquid Natural Gas (LNG) voor transport (schepen en vliegtuigen). Ten slotte mogen we er niet vanuit gaan dat alle opgewekte elektriciteit als overschot beschikbaar komt; een (groot) deel zal nodig zijn om direct als stroom in te zetten. Kortom, groene waterstof kan dus maar een beperkte rol spelen.

Grijze waterstof (met CCS)

Om de verdere ontwikkeling van waterstof mogelijk te maken, zal er dus gebruik gemaakt moeten worden van fossiele brandstoffen. Aardgas is daarom momenteel de belangrijkste bron voor waterstofproductie. De Nederlandse regering heeft echter een duidelijk statement gemaakt: uiterlijk 2050 moet de gebouwde omgeving van Nederland van het aardgas af.

"Grijze waterstof zorgt ervoor dat de vraag naar aardgas niet afneemt, maar juist toeneemt."

Bovendien is het doel van het kabinet om uiterlijk in 2030 de gaskraan in Groningen dicht te draaien.[11] Als dat gebeurt, moeten we dus ook meer gas uit het buitenland gaan halen om in de vraag naar waterstof te voorzien. Dat creëert politieke afhankelijkheid van gasproducerende landen uit het Midden-Oosten en Rusland. De vraag is of we dit politiek gezien een verstandig besluit vinden. Daarnaast heeft geïmporteerd gas uit het buitenland ook een grotere impact op het klimaat. Door gasverliezen tijdens transport in pijpleidingen heeft het importeren van gas uit Rusland een 33 procent hogere klimaatimpact (ecologische voetafdruk) dan aardgas uit Groningen.[12]

CCS (Carbon Capture and Storage) is een interessante techniek om de CO_2 die vrijkomt bij verbranding van onder andere aardgas, ondergronds op te slaan. In de transitie naar duurzame bronnen kan CCS nu al de uitstoot van CO_2 beperken. Er zijn echt nog wat hordes te overwinnen. Op grote schaal is het nog geen bewezen technologie. Ook vraagt het om extra investeringen[13] en kan het weerstand oproepen bij de lokale bevolking, zoals is gebleken in Barendrecht[14].

Belofte van grijs naar groen

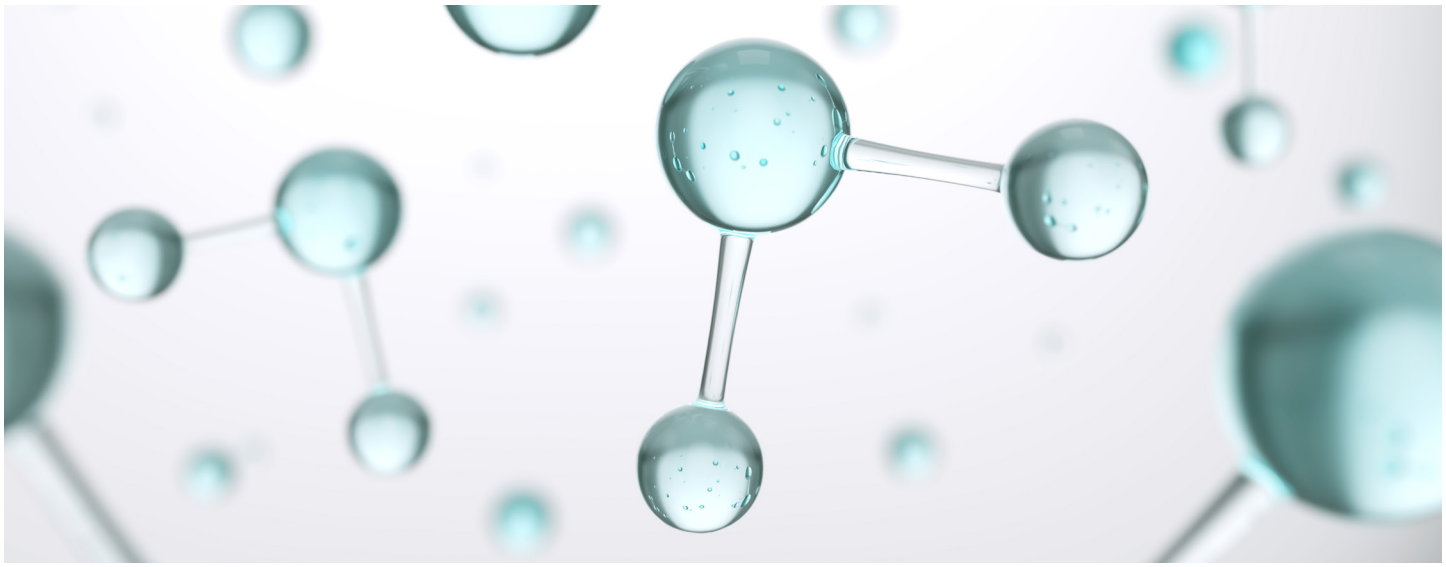
Vooralsnog wordt vrijwel alle waterstof dus gemaakt uit aardgas zonder CO_2-opslag. Belofte van de voorstanders van inzet van grijze waterstof in de energietransitie is dat zo de weg wordt bereid van grijze naar groene waterstof.

De eerste aanname is dat het opzetten van nieuwe energiesystemen op grijze waterstof noodzakelijk is om groene waterstof te doen slagen. Feit is dat er al 10 miljard kuub per jaar aan waterstof wordt gebruikt in de industrie.[15] De huidige experimenteerruimte bestaat dus al en biedt ontwikkelruimte om eerst hier groene waterstof te implementeren, voordat er eventueel waterstof beschikbaar komt voor de andere doeleinden. Vooral Nouryon (de vroegere chemietak van AkzoNobel) ziet hier veel kansen en investeert in opschaling van de productie van groene waterstof.

De tweede aanname is dat er voldoende groene waterstof geproduceerd gaat worden om in de vraag te voorzien als we op de beloofde routes gaan inzetten. De groene waterstofproductie in Nederland zal naar verwachting echter schaars zijn. Groene waterstof importeren uit het buitenland klinkt als een nieuwe belofte, maar Nederland zal niet het enige land zijn dat daar behoefte aan heeft. Het is niet mogelijk om te garanderen dat er binnen afzienbare tijd voldoende groene waterstof in het buitenland wordt gemaakt waar Nederland een claim op kan leggen. Daarnaast zijn er kosten verbonden aan de import en is het maar de vraag of de prijs hiermee onder die van grijze waterstof met CCS duikt[16]. Groene waterstof zal concurrerend moeten worden, anders zal grijze waterstof de markt blijven domineren.

"We lopen dus het gevaar een grotere lock-in te creëren op aardgas als bron dan nu het geval is."

Met de huidige koers gaan we inzetten op grijze waterstof, terwijl er nog veel onduidelijk en onzeker is over haar duurzame opvolger en over CCS. Een onzekere toekomst en mogelijk schaarste van groene waterstof vragen daarom om het selectief inzetten van grijze waterstof en het verbreden van de blik naar alternatieven zonder waterstof of aardgas.



NUANCERING VAN DE BELOFTE: WELKE ROUTES KIEZEN WE?

Waterstof kan in essentie een grote rol spelen in de energietransitie als we kijken naar de vijf eerder genoemde functies. Echter, we hebben zojuist geconcludeerd dat groene waterstof nog een onzekere toekomst heeft en dat er voorlopig schaarste is. Het is daarom verstandig om de routes te bekijken waar waterstof, uit zowel aardgas als elektriciteit, efficiënt inzetbaar en het hardst nodig is en om daarnaast de alternatieve routes te bekijken.

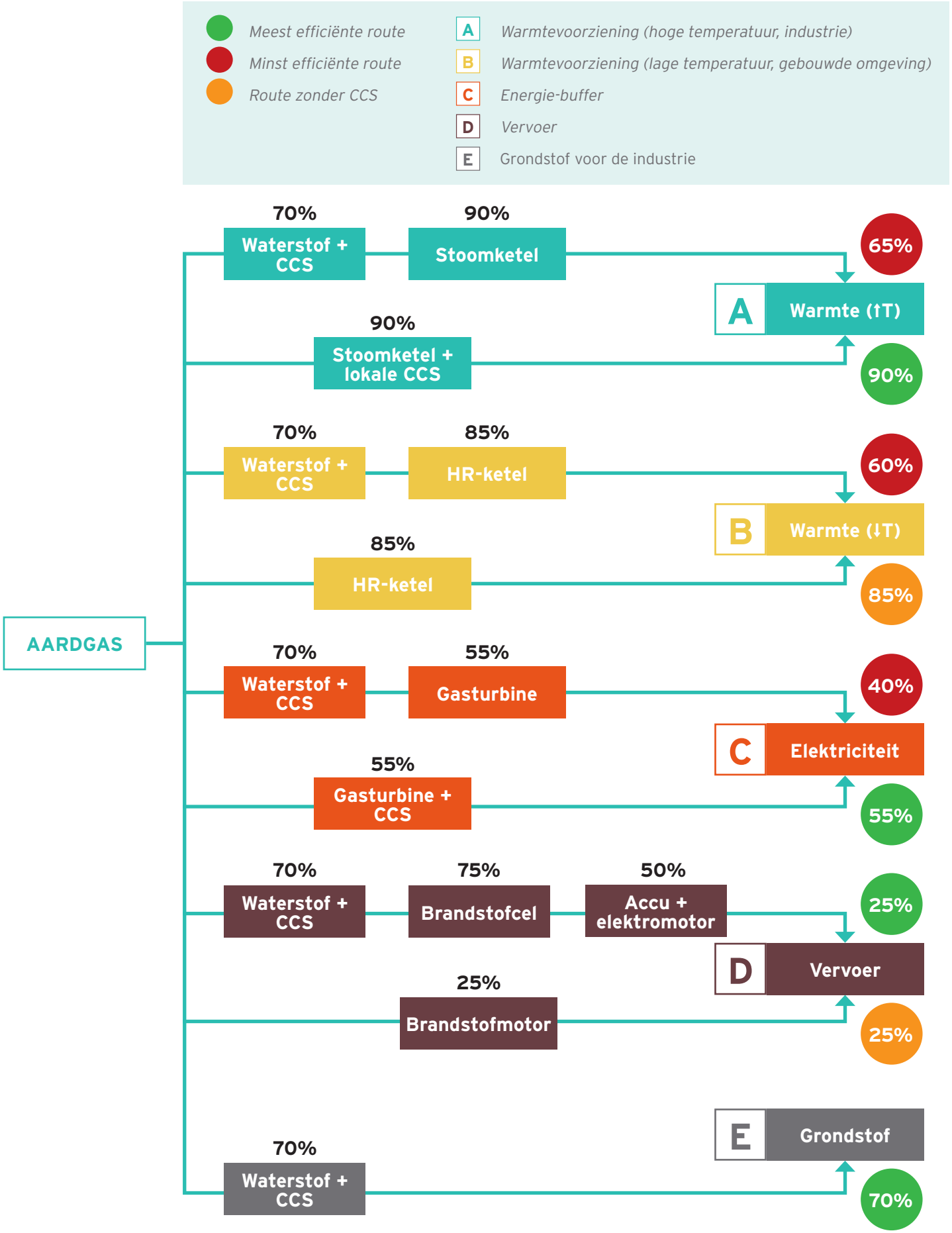
In figuur 1 en 2 hebben we schematisch een aantal routes van aardgas (fig. 1) en elektriciteit (fig. 2) via waterstof en een alternatief uitgeschreven. Daarbij onderzoeken we deze routes en daaraan gekoppelde rendementen naar:

- Hoge temperatuurwarmte voor de industrie (route A);
- Lage temperatuurwarmte (<100oC) voor warmtevoorziening gebouwde omgeving (route B);
- Energiebuffer (route C);
- Transport (route D).

AARDGASROUTES	
Route A: Hoge temperatuurwarmte voor de industrie	Bij de inzet van aardgas kun je in route A, aardgas direct inzetten in een stoomketel en daarbij de CO_2 afvangen via CCS. Dat heeft een efficiëntie van ongeveer 90 procent. De route via waterstof met CCS en een stoomketel heeft een rendement van ongeveer 65 procent.
Route B: Lage temperatuurwarmte voor de gebouwde omgeving	In route B kun je in de gebouwde omgeving aardgas direct inzetten in een HR-ketel met een rendement van 85 procent[17]. Lokaal kun je dan echter geen CO_2 afvangen. De route via waterstof met CCS in een HR-ketel levert een rendement op van 60 procent.
Route C: Energiebuffer	Route C gaat over de inzet van gas als buffer. Aardgas kan direct als buffer worden ingezet en in een gasturbine worden verbrand (eventueel in combinatie met lokale CCS) om elektriciteit op te wekken op die momenten dat dat nodig is. Het rendement is dan ongeveer 55 procent. Als je dit eerst via omzetting naar waterstof doet, is het rendement gedaald naar 40 procent.
Route D: Transport	In route D voor vervoer is het rendement van aardgas (lpg) in een verbrandingsmotor ongeveer 25 procent. Het alternatief via waterstof met CCS in een vervoersmiddel met een accu, brandstofcel en elektromotor geeft ook een rendement van ongeveer 25 procent.
Route E: Grondstof	In route E wordt waterstof als grondstof gebruikt met een rendement van 70 procent.

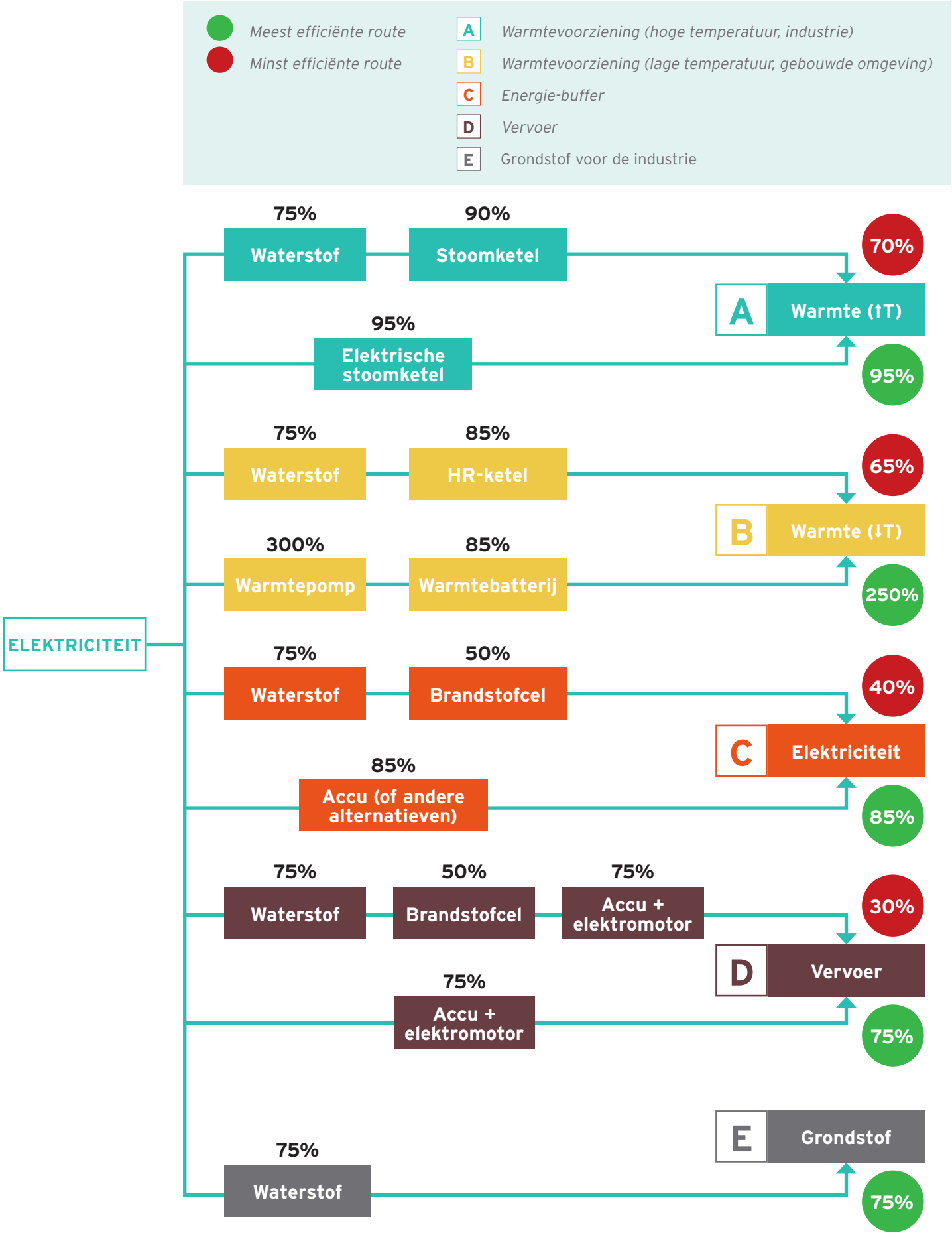
ELEKTRICITEITSROUTES	
Route A: Hoge temperatuurwarmte voor de industrie	Bij het inzetten van elektriciteit kun je in route A, 95 procent efficiency halen door elektriciteit direct in te zetten in een elektrische stoomketel.[18] Daartegenover krijg je een rendement van om en nabij 65 procent als je eerst met elektriciteit uit water waterstof maakt en dat inzet in een stoomketel.
Route B: Lage temperatuurwarmte voor de gebouwde omgeving	In route B heb je een rendement van ongeveer 65 procent als je eerst waterstof maakt en dat in een HR-ketel verbrandt. De route via een warmtepomp is vele malen efficiënter. Dit komt doordat je warmte uit de buitenlucht of de bodem onttrekt.[19] Als je dan ook nog een warmtebatterij inzet om seizoensvariaties in de warmtevraag te overbruggen dan kom je op een rendement van 250 procent.
Route C: Energiebuffer	Route C heeft als functie energie-buffer. Wanneer elektriciteit eerst wordt omgezet in waterstof en op een later moment weer naar elektriciteit met een brandstofcel, heeft dat een rendement van 40 procent. Bij de opslag en later gebruik van elektriciteit in een accu gemiddeld rendement van 85 procent gemoeid. Naast de accu zijn er ook andere alternatieven om elektriciteit op de te slaan. Afhankelijk van de capaciteit en opslagtijd zijn andere opties in ontwikkeling of al inzetbaar, zoals een vliegwiel, een buurtbuffer (accu's in combinatie met vliegwielen) en pompcentrales.[20] Daarnaast dient ook de genoemde warmtebatterij als buffer.
Route D: Transport	Vervoer is het doel in route D, waarbij de elektrische auto gemiddeld een rendement van 75 procent haalt. Bij de waterstofauto is net als bij de elektrische auto een accu en elektromotor nodig, maar ook een brandstofcel die waterstof omzet in elektriciteit. Daarmee komt deze route uit op een rendement van 30 procent.
Route E: Grondstof	Ten slotte is waterstof in route E de basis van grondstof voor de industrie. Omzetting van elektriciteit naar waterstof vindt plaats met een rendement van 75 procent.

FIGUUR 1: AARDGASROUTES MET EN ZONDER WATERSTOF



- Grondstof (route E).

FIGUUR 2: ELEKTRICITEITSROUTES MET EN ZONDER WATERSTOF



Figuur 1: Waterstofroutes en enkele alternatieven met aardgas als startpunt. Hoewel nu aardgas het meest gebruikte gas is, kan voor een aantal routes in de toekomst ook andere vormen van gas (biogas of groengras) ingezet worden. In de routes naar vervoer en de gebouwde omgeving lijkt CCS geen optie, gezien de kleine schaal. Rendementsverliezen ten behoeve van CCS en transportverliezen zijn niet meegenomen

Figuur 2: Waterstofroutes en enkele alternatieven met elektriciteit als startpunt. Behalve de accu zijn, afhankelijk van de capaciteit en opslagtijd, ook andere opslagvormen interessant, zoals een vliegwiel, een buurtbuffer (accu's in combinatie met vliegwielen) en pompcentrales. Daarnaast dient ook de genoemde warmtebatterij als buffer. Transportverliezen zijn niet meegenomen.

Aardgasroutes: conversie naar waterstof niet logisch voor warmte en energiebuffering
Als we een blik werpen op figuur 1 vallen een paar dingen op. Bij het realiseren van warmte – zowel hoge als lage temperatuur - en energiebuffers (routes A, B en C), zijn routes zonder waterstof het meest efficiënt. Dat is goed te verklaren, omdat de omzetting naar waterstof gepaard gaat met verliezen. Bij de inzet van waterstof voor vervoer is het rendement vergelijkbaar met de route van gas naar vervoer. Bij inzet van waterstof als grondstof is er geen alternatief om gas direct in te zetten. Voor de alternatieven bij het realiseren van lage temperatuur warmte en inzet voor vervoer, is er geen mogelijkheid om CCS toe te passen.

Elektriciteitsroutes: alternatieven zonder waterstof zijn efficiënter
In figuur 2 zijn de waterstofroutes en haar alternatieven gepresenteerd, waarbij elektriciteit als startpunt is genomen. Hier zien we dat in alle gevallen het alternatief zonder waterstof de meest efficiënte route biedt. Uitzondering daarop is de inzet van waterstof als grondstof voor de industrie, daar is uiteraard omzetting noodzakelijk.

Logische inzet van waterstof

Door nu al te veel in te zetten op alle verschillende routes waar waterstof ingezet kan worden, wordt het risico groter dat er onvoldoende groene waterstof voor al deze toepassingen ter beschikking komt. Focus is dus noodzakelijk.

"Kansrijke inzet van waterstof lijkt de inzet als grondstof voor de industrie en als brandstof voor de (zware) transportsector."

Waterstof als grondstof in de industrie
Als groene waterstof haar intrede doet, zal eerst de al bestaande grondstof-route verduurzaamd moeten worden. Daar is nog een hoop te winnen (10 miljard kuub) voordat we massaal op diverse routes gaan inzetten. Havenbedrijf Amsterdam, Nouryon en Tata Steel werken gezamenlijk aan een elektrolysefabriek voor de inzet van groene waterstof voor grondstoffen zoals methanol en ammoniak.[21]

Verduurzaming van de grondstof-route kan deels ook door niet waterstof, maar dierlijke mest als basis te nemen voor bemesting in de landbouw.[22] In de toekomst zal ook steeds meer gebruik worden gemaakt van moleculen uit biomassa als grondstof voorindustriële moleculen.[23]

Waterstof voor verduurzaming van zwaar transport
Voor zwaarder vervoer, zien we mogelijk een rol voor waterstof, mede omdat accu's (momenteel) nog onvoldoende capaciteit hebben en nog te duur zijn om in bijvoorbeeld vliegtuigen en vrachtschepen te worden geïmplementeerd. Door de ontwikkeling van een efficiënte brandstofcel is grijze waterstof een beter alternatief dan de huidige brandstoffen, die nu worden gebruikt in deze sector.
Met CCS of groene waterstof kunnen deze routes in de toekomst verder verduurzaamd worden.

Onlogische inzet van waterstof

Voor de opwek van warmte voor de industrie en de gebouwde omgeving lijken voorlopig efficiëntere en bewezen routes meer geschikt te zijn. Bovendien zijn nieuwe technieken in opkomst (zie box 1). Het is daarom niet logisch om in deze sectoren te gaan wachten op en te gaan experimenten met waterstof.

Waterstof in de gebouwde omgeving: start eerst met andere alternatieven
In de gebouwde omgeving zijn efficiëntere routes beschikbaar met warmtepompen of warmtenetten. Maar niet alle typen gebouwen lenen zich voor deze alternatieven.

"Gezien de beperkte (toekomstige) beschikbaarheid van groene waterstof moeten er keuzes gemaakt worden."

Inzet van waterstof in de meer logische routes (grondstof en zwaar vervoer) heeft prioriteit. In de gebouwde omgeving kunnen we starten met warmtenetten en warmtepompen op de plekken waar dat mogelijk is.

Keuzes over de inzet van waterstof in 'moeilijke gebieden' kunnen op een later moment worden genomen, zodat er ruimte is voor de ontwikkeling van innovaties. Dat scheelt veel ombouwwerk (tijd en geld) van het gasnet en voorkomt onnodige energieverliezen en ingewikkelde reformingprocessen.

Zeker op plekken waar alternatieven interessant zijn is het onnodig om het huidige gasnet overal in stand te houden in afwachting van waterstof. Dit is een lock-in op aardgas en draagt op de korte termijn niets bij aan de opgave om jaarlijks de CO_2-uitstoot te verlagen. Het is logischer om een gerichte waterstofinfrastructuur aan te leggen (zogenaamde waterstofhubs), zoals bij windparken op zee, waar de kosten van elektriciteits-transport hoog zijn, met een verbinding naar de industrie, havens en luchthavens.

BOX 1
DEZE NIEUWE TECHNIEKEN BIEDEN EEN ALTERNATIEF VOOR WATERSTOFTOEPASSINGEN

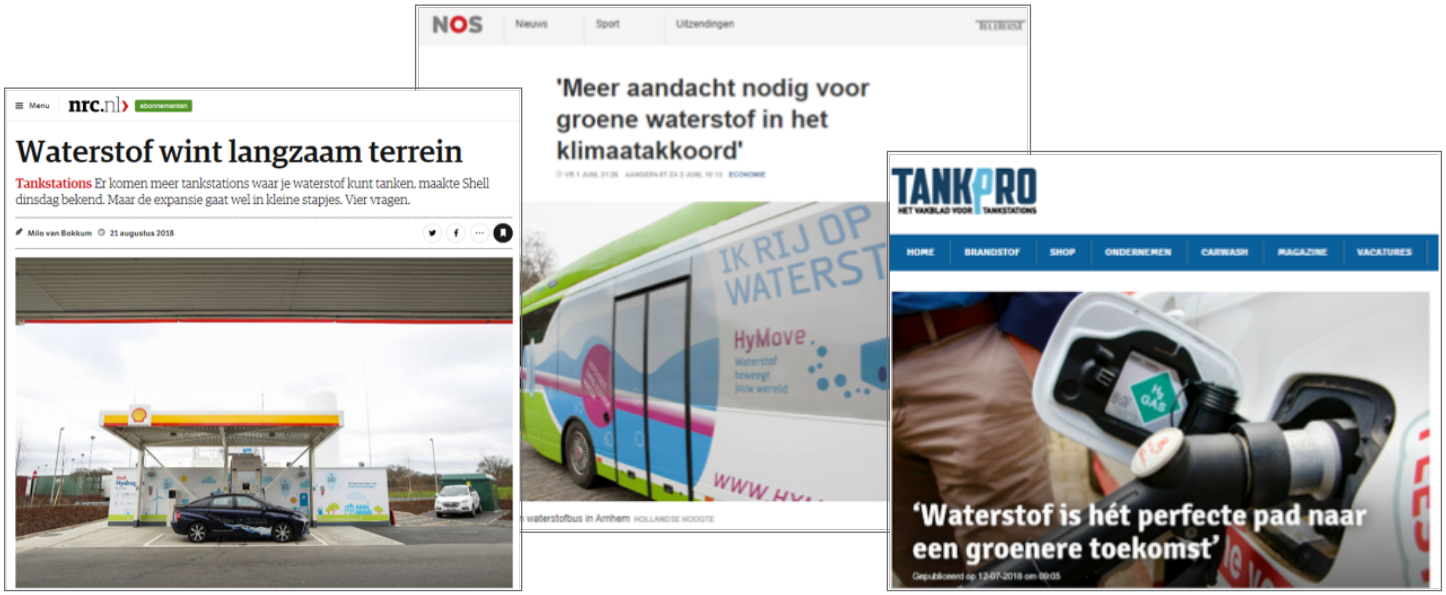
Power to heat in de gebouwde omgeving
In de gebouwde omgeving is de inzet van een individuele warmtepomp in de woning of een collectieve wijkwarmtepomp gecombineerd met een warmtenet vele malen efficiënter dan de inzet van waterstof via het bestaande gasnet. Een interessante ontwikkeling hierbij is dat er technieken ontwikkeld worden om de warmte geproduceerd door warmtepompen efficiënt op te slaan (Power-to-Heat) . Hierdoor zullen deze warmtepompen ook gebruik kunnen gaan maken van overschotten, met name van windenergie. Dit verlaagt de vraag naar waterstof als buffer.

Elektrificatie van de opwek van proceswarmte in de industrie
De industrie kan ook de keuze maken voor elektrificatie van de opwek van proceswarmte. Met deze route kunnen ook overschotten aan elektriciteit worden benut. In combinatie met aardgas als bron (hybride systeem), eventueel gecombineerd met CCS, kan de industrie dus flexibel schakelen op basis van vraag- en aanbod. Naast gas en elektriciteit , zou ultradiepe geothermie in de toekomst een duurzame bron kunnen zijn met voldoende hoge temperaturen (circa 200 °C) om industriële processen van warmte te kunnen voorzien.

De elektrische auto in de transportsector
Voor vervoer is er voor auto's nu al een andere route ingeslagen. Namelijk die van elektrisch rijden met een batterij in de auto. Deze route is vele malen efficiënter dan het alternatief via waterstof. Ook met deze oplossing kunnen overschotten aan elektriciteit worden benut en kan een elektrische auto op basis van aanbod opgeladen worden.

NUANCERING VAN DE BELOFTE: WAAROM WORDT ER ZOVEEL BELOOFD?

Niet alleen wordt waterstof aangehaald als belofte voor de toekomst. De tendens is dat waterstof ook nu al de oplossing zou bieden voor diverse vraagstukken binnen de energietransitie. En dat terwijl de keuzes een stuk complexer en genuanceerder lijken. Hoe kan het dan dat waterstof als oplossing van alles wordt genoemd?





Lobby vanuit bestaande olie- en gasindustrie en transportbedrijven

Op Twitter en in de kranten verschijnen allerlei berichten. Het lijkt alsof de lobby voor waterstof rond de totstandkoming van het Klimaatakkoord goed op gang is gekomen.

Figuur 3: krantenkoppen waarin waterstof als kansrijk voor nu en in de toekomst wordt bestempeld.[24]

Al in de jaren zeventig ontstaat de term 'waterstofeconomie', een ideale wereld waarin geen geopolitieke afhankelijkheid van olie bestaat, waar elk land en regio in zijn eigen energiebehoefte kan voorzien door het gebruik van waterstoftechnologie, zonder vervuiling of CO_2-emissies en met gelijke kansen op ontwikkeling voor alle landen. Dit ideaalbeeld trok veel onderzoekers en beleidsmakers maar leidde ook tot veel scepsis. Inmiddels is de waterstofeconomie herontdekt. Ditmaal door de traditionele gassector die zich in haar bestaan bedreigd voelt doordat we van aardgas af willen stappen.

Zo hebben bedrijven als Shell en Gasunie belang bij een sterke gassector. Hun business is afhankelijk van de import-, export- en doorvoer van gas. Zij zien hun businessmodel bedreigd worden. Logisch dus dat zij zich hard maken voor de inzet van waterstof en andere duurzame gassen in ons toekomstige energiesysteem. Zo zet Gasunie volop in op 'het transport van groene moleculen' zoals topman Han Fennema recent aangaf in het Dagblad van het Noorden.[25] Ook VNO-NCW ziet grote kansen voor waterstof[26], evenals Netbeheer Nederland[27]. Ieder vanuit haar eigen traditionele rol. Nuon/Vattenfall[28] wil haar jongste gascentrale in de Eemshaven ombouwen zodat deze nog decennia meekan. Equinor (het vroegere Statoil) ziet daar ook business in. En Shell maakt een begin met de aanleg van een netwerk van waterstoftankstations[29] in Nederland.

Opvallend is dat veel van de hierboven genoemde partijen vaak praten over 'blauwe waterstof' als tussenoplossing. Hiermee wordt waterstof gemaakt uit aardgas bedoeld waarbij de CO_2 wordt afgevangen en opgeslagen. Daarmee wordt de afhankelijkheid van aardgas echter niet kleiner. Dit neemt niet weg dat het belangrijk is om als Nederland te investeren in de ontwikkeling van duurzame waterstof als energiedrager en bouwsteen in de energietransitie. Het TKI Nieuw Gas onder de Topsector Energie speelt daar een belangrijke rol in. In oktober 2017 hebben zij een interessant overzicht[30] gepresenteerd van alle Nederlandse waterstofinitiatieven.

Conclusie: een heroverweging van de functie en inpassing van waterstof

In deze verhitte discussie is het belangrijk om te handelen naar een realistisch en duurzaam toekomstbeeld voor onze samenleving als geheel, los van alle belangen van individuele partijen. Waterstof krijgt zeker een rol in de energietransitie, maar is niet de oplossing voor alle routes. Waterstof wordt nu van aardgas gemaakt en dat zal voorlopig zo blijven. Ook in 2050 zal er nog onvoldoende groene waterstof zijn om het in alle beloofde routes te zetten.

Het is daarom niet logisch om nu al nieuwe routes op waterstof te gaan introduceren. Het gevaar bestaat dat we een lock-in op aardgas creëren als de groene opvolger van waterstof uitblijft. Grijze (en blauwe) waterstof is bovendien geen noodzakelijke wegbereider voor groene waterstof. We kunnen experimenteren met de inzet van groene waterstof door eerst de huidige inzet van grijze waterstof als grondstof voor de industrie te verduurzamen.

Dit betekent ook dat onlogische omzettingen naar waterstof moeten worden vermeden als energie ook direct (zonder omzetting) inzetbaar is. We moeten van het aardgas af, maar als we waterstof van aardgas maken, introduceren we een nieuwe infrastructuur tegen hoge kosten, met een lager rendement op datzelfde aardgas. Het eventuele gebruik van CCS kan net zo goed met aardgas als met waterstof.

Laten we vooral starten met de opties die we voorhanden hebben zoals het besparen op energiegebruik in alle sectoren, het opwekken en opslaan van duurzame energie, het uitrollen van warmtenetten in kansrijke wijken, de elektrificatie van de warmtevoorziening in geschikte woningen en in de industrie en de verdere elektrificatie van auto's. En laten we waterstof (blijven) inzetten op de routes waar dit echt (nog) nodig is: voor scheep- en luchtvaart en als grondstof voor de industrie.

BOX 2
HANDELINGSPERSPECTIEF VOOR OVERHEDEN

1. **Betrek waterstof als optie in planvorming.** Niet door te kijken naar in welke routes waterstof een rol kán gaan spelen, maar door te kijken naar wat haalbaar en realistisch is op weg naar een klimaatneutrale toekomst. Beschikbaarheid, bron, doel van inzet en alternatieven bepalen hierbij het afwegingskader.
2. **Ga nu aan de slag met bewezen technieken** op alle vlakken van de energietransitie. Er is, gezien de stevige klimaatdoelstellingen van 2050, nu actie geboden.
3. **Zet zo min mogelijk in op grijze waterstof.** Indien er niet van duurzame bronnen gebruik gemaakt kan worden, zet dan (aard)gas direct in waar mogelijk, zonder de inefficiënte omzetting naar waterstof.
4. **Gebruik CCS in combinatie met aardgas waar mogelijk,** zodra het grootschalig en commercieel aantrekkelijk wordt
5. **Produceer en gebruik alleen 'blauwe' waterstof (uit aardgas met CCS) daar waar er perspectief is op 100% groene waterstof in de toekomst.** Anders is een route met direct gebruik van aardgas met CCS veel logischer.
6. **Eerst de grijze waterstof die nu al wordt gebruikt gefaseerd verduurzamen voordat je grijze waterstof in nieuwe routes gaat inzetten.** Creëer een gelijk speelveld voor de doorgroei van ontwikkelende innovaties. Waterstof is één van deze ontwikkelingen.
7. **Denk goed na over hoe je waterstof transporteert.** Doe geen onnodige investeringen in grote infrastructurele aanpassingen, als waterstof maar op een beperkt aantal plaatsen wordt ingezet. Gerichte inzet (bijvoorbeeld met lokale waterstofhubs) kan uitkomst bieden.

En ten slotte: we hoeven niet alles tegelijkertijd op te lossen. Laten we in de gebouwde omgeving, in de wijken waar we nu nog geen goed alternatief hebben voor aardgas, eerst inzetten op energiebesparing. En laten we in deze wijken het aardgasnet voorlopig in stand houden. Op basis van de toekomstige ontwikkelingen kan dan nog in een later stadium worden besloten, welke oplossing het meest geschikt is.

Voetnoten

[1] Rollen zijn mede gebaseerd op studies van TKI Nieuw Gas, TU Delft, CE Delft:
J. Gigler, M. Weed, Contouren van een Routekaart Waterstof, TKI Nieuw Gas, maart 2018
A. van Wijk, Chris Hellinga, Waterstof – de sleutel voor de energietransitie, TU Delft, mei 2018
S. Hers et al., Waterstofroutes Nederland – Blauw, groen en import, CE Delft voor Nederlandse Gasunie en Nuon, juni 2018

[2] T. ten Brinck Simulatie: Licht blijft branden bij 100 procent wind en zon, mei 2017, http://www.wattisduurzaam.nl/12544/energie-opwekken/wind/simulatie-licht-blijft-branden-100-procent-wind-en-zon/

[3] R. Hermkens et al., Toekomstbestendige gasdistributienetten, Kiwa N.V. voor Netbeheer Nederland, juli 2018

[4] T. ten Brinck, 11 peperdure misverstanden over wondermiddel waterstof, augustus 2018, http://www.wattisduurzaam.nl/15443/energie-beleid/tien-peperdure-misverstanden-over-wondermiddel-waterstof/

[5] New York State Energy Research and Development Authority, Hydrogen Production – Steam Methane Reforming (SMR), februari 2006

[6] A. van Wijk, Chris Hellinga, Waterstof – de sleutel voor de energietransitie, TU Delft, mei 2018

[7] CBS, Meer stroom uit wind en zon, maart 2018, https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/09/meer-stroom-uit-wind-en-zon

[8] B. Broens, Zon en wind overtroeven voor het eerst kolen in Duitsland, De Tijd, juli 2018, https://www.tijd.be/ondernemen/milieu-energie/Zon-en-wind-overtroeven-voor-het-eerst-kolen-in-Duitsland/10030008?utm_campaign=EVENING_ROUNDUP&utm_medium=email&utm_source=SIM

[9] S. Amelang, K. Appunn, The causes and effects of negative power prices, Clean Energy Wire, januari 2018, https://www.cleanenergywire.org/factsheets/why-power-prices-turn-negative

[10] uitgaande van 25% verlies bij elektrolyse

[11] J. van den Berg, R. Giebels, Gaswinning in Groningen versneld naar nul, De Volkskrant, maart 2018 https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/gaswinning-in-groningen-versneld-naar-nul~b5404888d/

[12] EBN, Duurzaamheidsrapport 2016/2017, 2017

[13] D. Biello, Carbon capture may be too expensive to combat climate change, Scientific American, januari 2016, http://www.scientificamerican.com/article/carbon-capture-may-be-too-expensive-to-combat-climate-change/

[14] Trouw, Chronologie CO_2-opslag Barendrecht, november 2010, https://www.trouw.nl/home/chronologie-co2-opslag-barendrecht~a82c206d/ en Zembla, CO_2-bom onder Barendrecht, maart 2010, https://zembla.bnnvara.nl/nieuws/co2-bom-onder-barendrecht

[15] T. ten Brinck, 11 peperdure misverstanden over wondermiddel waterstof, augustus 2018, http://www.wattisduurzaam.nl/15443/energie-beleid/tien-peperdure-misverstanden-over-wondermiddel-waterstof/

[16] S. Hers et al., Waterstofroutes Nederland – Blauw, groen en import, CE Delft voor Nederlandse Gasunie en Nuon, juni 2018

[17] In praktijk is het rendement hoger (99%), omdat er nog warmte uit de rookgassen gewonnen kan worden. https://cvketelkiezen.nl/waarom-meer-dan-100-procent-rendement-cvketels

[18] Gezien het continue proces is in deze route geen accu meegenomen

[19] Werking warmtepomp: https://warmtepompplein.nl/warmtepomp-werking/

[20] Diverse opslagmethoden: http://energystorage.org/energy-storage/energy-storage-technologies

[21] H. Jessayan, H. Verbraeken, Waterstofcluster werkt aan grootste Europese elektrolysefabriek in IJmuiden, Financieel Dagblad, oktober 2018, https://fd.nl/ondernemen/1274441/waterstofcluster-werkt-aan-grootste-europese-elektrolysefabriek-in-ijmuiden

[22] F. van der Schans Boerderij Vandaag, Kringlooplandbouw is landbouw zonder kunstmest, oktober 2018

[23] TKI BBE, Bioraffinage, https://www.biobasedeconomy.nl/wat-is-biobased-economy/themas/bioraffinage_v2/

[24] G. Vos, Waterstof wezenlijk onderdeel energietransitie, Bouw en Uitvoering, juli 2018, https://bouwenuitvoering.nl/duurzaam/waterstof-wezenlijk-onderdeel-energietransitie/ en M. van Bokkum, Waterstof wint langzaam terrein, NRC, augustus 2018, https://www.nrc.nl/nieuws/2018/08/21/waterstof-wint-langzaam-terrein-a1613792, en R. Nieuwenbroek, 'Waterstof is hét perfecte pad naar een groenere toekomst', Tankpro, juli 2018, https://www.tankpro.nl/brandstof/2018/07/12/waterstof-is-het-perfecte-pad-naar-een-groenere-toekomst/,

[25] J. Geijp, Topman Han Fennema ziet voor Gasunie toekomst met groene moleculen, Dagblad van het Noorden, oktober 2018, https://www.dvhn.nl/economie/Topman-Han-Fennema-ziet-voor-Gasunie-toekomst-met-groene-moleculen-23658648.html?utm_medium=article_sharing&utm_source=whatsapp#

[26] F. de Groot, Nederland aan de waterstof: iedereen doet mee, VNO-NCW, juni 2018, https://www.vno-ncw.nl/column/nederland-aan-de-waterstof-iedereen-doet-mee

[27] R. Hermkens et al., Toekomstbestendige gasdistributienetten, Kiwa N.V. voor Netbeheer Nederland, juli 2018

[28] Nuon, Nuon, Statiol en Gasunie werken samen aan de inzet van waterstof in een CO_2-vrije energiecentrale, juli 2017, https://www.nuon.com/nieuws/nieuws/2017/nuon-statoil-en-gasunie-werken-samen-aan-de-inzet-van-waterstof-in-een-co_2-vrije-energiecentrale/

[29] Shell, Shell bouwt mee aan netwerk van waterstofstations in Nederland, augustus 2018, https://www.shell.nl/media/2018-media-releases/shell-is-building-network-of-hydrogen-stations.html

[30] R. Hoogma, Overzicht van Nederlandse waterstofinitiatieven, -plannen en –toepassingen – input voor een routekaart waterstof, Onderzoek Dwarsverband voor TKI Gas, oktober 2017, https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Overzicht%20waterstofinitiatieven%20TKI%20Gas%20dec%202017.pdf