

Waterstof in transitie

Stap voor stap schoner



Januari 2023

NATUUR
& MILIEU

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1. Waterstof in transitie	7
1.1 Waterstof is onmisbaar in de verduurzaming van Nederland	7
1.2 Nederland gebruikt grote hoeveelheden fossiele waterstof	8
1.3 CO ₂ -opslag kan de uitstoot van fossiele waterstofproductie verlagen	8
1.4 CO ₂ -opslag brengt risico's van lock-in met zich mee	8
1.5 Directe en indirecte elektrificatie speelt een sleutelrol in industriële verduurzaming	9
1.6 Ook voordat hernieuwbare waterstof beschikbaar is, is er behoefte aan CO ₂ -emissiereductie	10
1.7 De ontwikkeling van waterstof is afhankelijk van een groot aantal factoren	10
1.8 Transitievisie voor waterstof is nodig	10
2 Transitievisie van fossiele brand- en grondstoffen naar hernieuwbare waterstof	11
2.1 Een markt voor waterstof	11
2.2 Waterstofgebruik in de industrie	13
3 Van visie naar uitvoering	15

Voorwoord

Om verdere klimaatverandering tegen te gaan, is het noodzakelijk dat we met fossiele brandstoffen stoppen. Daarnaast laten de energiecrisis waar we nu in zitten en de hoge energieprijzen zien dat we harder moeten werken aan oplossingen om minder fossiele brandstoffen te gebruiken. Door de geopolitieke omstandigheden is de energiemarkt, zeker het afgelopen jaar, op scherp komen te staan. De maatschappij wordt zich bewust van de nadelen van onze afhankelijkheid van 'fossiel' voor het klimaat, de betaalbaarheid en de leveringszekerheid.

Naast zonne- en windenergie gaat het steeds vaker over waterstof als schone energiedrager. Waterstof wordt vaak gezien als dé vervanger van aardgas. Natuur & Milieu ziet een belangrijke rol voor waterstof weggelegd in de transitie naar schone energie. Maar het is niet de oplossing voor alle sectoren en processen. Waterstof is voornamelijk schaars en moet worden gemaakt uit schaarse duurzame bronnen. Daarom zien we een rol voor waterstof enkel daar waar er geen alternatieven zijn om te verduurzamen, zoals in bepaalde toepassingen in de industrie.

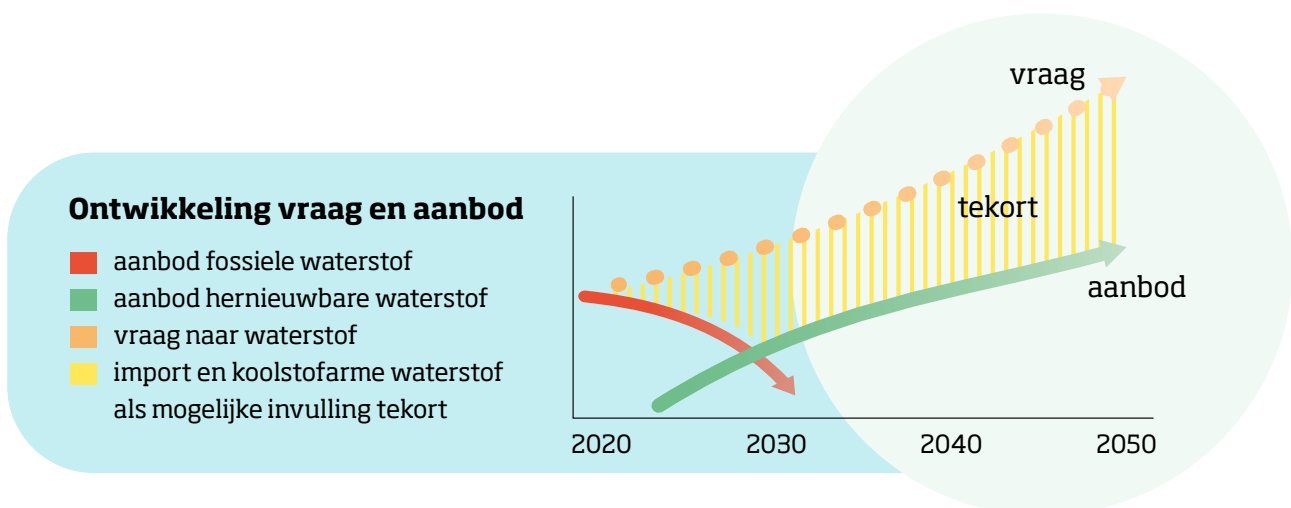
We vormden eerder een visie hierover, waarin we concluderen dat het belangrijk is om hernieuwbare waterstof snel op te schalen, voor die toepassingen waar geen goede alternatieven zijn om te verduurzamen. De waterstofladder 'Wanneer Waterstof' werd ontwikkeld om te kunnen beoordelen wanneer waterstof een goede optie is. Tot slot vinden we dat er pragmatisch moet worden omgegaan met waterstof die geproduceerd wordt uit fossiele brandstoffen waarbij de CO₂-uitstoot wordt afgevangen en opgeslagen. Er zijn minder schone en schonere vormen van het produceren van waterstof. Als in het proces naar schone waterstof een tussenstap met minder schone waterstof behulpzaam is, kan dat een optie zijn.

Om de precieze rol van deze 'koolstofarme waterstof' te verkennen, geven wij in onderliggend stuk een aanzet tot een visie hierover. Hiervoor werkten wij samen met Energie Beheer Nederland. We hebben daarnaast diverse organisaties uit de industrie en de overheid gesproken. Natuur & Milieu en EBN willen de energietransitie versnellen en vinden samenwerking en gezamenlijke ontwikkeling van kennis en inzichten van groot belang om de ambitie om klimaatverandering tegen te gaan, waar te maken. Met behulp van de kennis van onder andere EBN over wat er in het veld gebeurt, welke ontwikkelingen zij zien en waar de sector tegenaan loopt, vormden wij een visie op de rol van waterstof in de energietransitie en op de noodzakelijke rol van koolstofarme waterstof daarin.

Samenvatting

Om klimaatverandering tegen te gaan moeten we af van energie uit fossiele brandstoffen en overstappen op energie uit hernieuwbare bronnen. Waterstof is in deze transitie een belangrijke schakel. Waterstof kan voor veel toepassingen worden ingezet, onder andere als vervanger voor fossiele brand- of grondstoffen in de industrie zoals bij staalproductie. Op dit moment is waterstof uit hernieuwbare bronnen nog niet beschikbaar. De verwachting is dat de industrie voor 2030 nog niet grootschalig kan overstappen op het gebruik van hernieuwbare waterstof, waarvoor helemaal geen fossiele brandstoffen nodig zijn. Er is nog niet voldoende hernieuwbare elektriciteit beschikbaar en er zijn nog onvoldoende waterstoffabrieken gebouwd waarmee waterstof geproduceerd kan worden.

De ontwikkeling van de vraag, het aanbod én de import van waterstof is afhankelijk van veel factoren en omgeven door veel onzekerheden. Wanneer hernieuwbare waterstof nog niet beschikbaar is, en bepaalde processen niet geëlektrificeerd kunnen worden, bestaat een groot risico dat het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen en de daaraan gerelateerde CO₂-uitstoot door blijft gaan. Koolstofarme waterstof wordt geproduceerd uit aardgas waarbij de vrijgekomen CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen. In de periode waarin hernieuwbare waterstof nog niet voldoende is opgeschaald kan koolstofarme waterstof een belangrijke energiedrager in de transitie zijn én een belangrijke rol spelen in het behalen van de klimaatdoelen. Sectoren die nu nog geen waterstof gebruiken, maar wel fossiele brandstoffen, maken dan eerst de transitie naar koolstofarme waterstof waardoor het vervolgens een kleinere stap is om over te schakelen op hernieuwbare waterstof.



Koolstofarme waterstof wordt echter gemaakt uit een fossiele grondstof. Voor een klimaatneutrale samenleving moeten we uiteindelijk van fossiele brand- en grondstoffen af. Investeren in processen die draaien op fossiele brandstoffen brengt in een transitie risico's van lock-in met zich mee. Dit kan de ontwikkeling van duurzame maatregelen, zoals hernieuwbare waterstof in de weg staan. Daarom is het belangrijk om bij het stimuleren en realiseren van koolstofarme waterstofprojecten lock-in risico's zoveel mogelijk te minimaliseren. Dit kan door hiervoor duidelijke randvoorwaarden vast te stellen.

Om te zorgen voor de transitie van fossiele brandstoffen naar waterstof, roepen wij op om de ontwikkeling van de hele waterstofketen te stimuleren. Daartoe doen wij de volgende aanbevelingen:



- A.** Werk onverminderd door aan de opschaling van hernieuwbare waterstof en de daarbij benodigde extra hernieuwbare elektriciteitsproductie, infrastructuur, opslag en marktordening.



- B.** Stimuleer de vraag naar waterstof om processen op fossiele brandstoffen te verduurzamen, daar waar dat niet met directe elektrificatie mogelijk is.

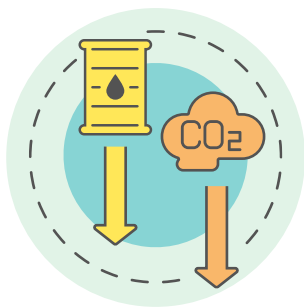
Om aan de vraag naar waterstof te voldoen en om de CO₂-uitstoot van het gebruik van fossiele brandstoffen te voorkomen, is naast opschaling van hernieuwbare waterstof het volgende nodig:



- C.** Ontwikkel de import van hernieuwbare én koolstofarme waterstof uit het buitenland.



- D.** Erken de noodzaak tot het gebruik van koolstofarme waterstof en vorm een visie op hoe koolstofarme waterstof een rol kan spelen in de verduurzaming van de energie- en grondstoffenvoorziening.

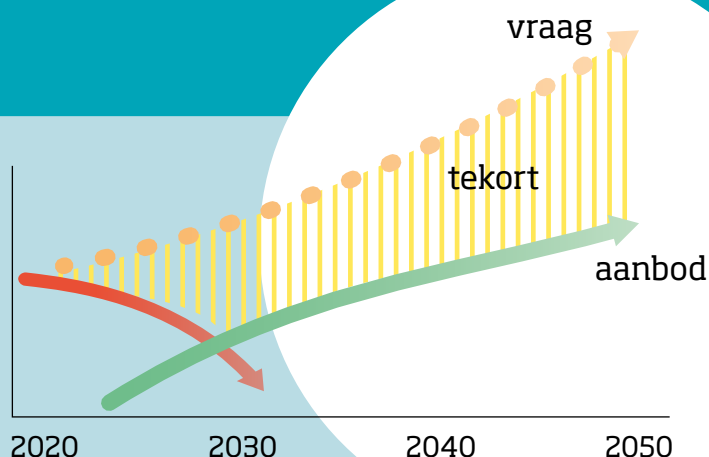


- E.** Minimaliseer de lock-in risico's van koolstofarme waterstof door randvoorwaarden voor de toepassing van CO₂-opslag op te stellen, door te werken aan het afbouwpad voor fossiele brand- en grondstoffen, door rekening te houden met krimp in sectoren waar koolstofarme waterstof wordt toegepast en door de overstap van koolstofarme naar hernieuwbare waterstof aantrekkelijker te maken.

Een visie op de ontwikkeling van waterstof

Ontwikkeling vraag en aanbod

- aanbod fossiele waterstof
- aanbod hernieuwbare waterstof
- vraag naar waterstof
- import en koolstofarme waterstof als mogelijke invulling tekort



Aanbevelingen

Opschaling hernieuwbare waterstof inclusief hernieuwbare elektriciteitsproductie, infrastructuur, opslag en marktordening.

Stimuleer de vraag naar waterstof om processen op fossiele brandstoffen te verduurzamen.

Ontwikkel de importketen van hernieuwbare en koolstofarme waterstof.

Erken de noodzaak tot en vorm een visie op de rol van koolstofarme waterstof in de energietransitie.

Minimaliseer lock-in risico's door randvoorwaarden voor CO₂-opslag op te stellen.

1. Waterstof in transitie

1.1 Waterstof is onmisbaar in de verduurzaming van Nederland

Om klimaatverandering tegen te gaan, moeten we af van energie uit fossiele brandstoffen en overstappen op energie uit hernieuwbare bronnen. In deze energie- en grondstoffentransitie naar een klimaatneutrale samenleving is waterstof als energiedrager een belangrijke schakel. Waterstof kan voor veel toepassingen worden ingezet, als vervanger voor fossiele brand- of grondstof.

Omdat hernieuwbare waterstof geproduceerd wordt uit hernieuwbare elektriciteit uit zon en wind, is hernieuwbare waterstof vooralsnog schaars. Daarnaast treedt bij het omzetten van elektriciteit in waterstof ongeveer 25% energieverlies op¹. Bij het terug omzetten van waterstof naar elektriciteit treedt nog eens zo'n 40% verlies op, in de vorm van warmte². Directe inzet van hernieuwbare elektriciteit heeft daarom de voorkeur boven het maken en gebruiken van hernieuwbare waterstof.

Waar directe inzet van hernieuwbare elektriciteit geen alternatief is, zoals in sommige industriële sectoren, zowel als grondstof als energiedrager, maar ook in zwaar transport en voor de productie van CO₂ vrije elektriciteit op momenten dat er geen duurzame elektriciteit beschikbaar is, biedt het gebruik van waterstof een oplossing.

Waterstofproductie

Waterstof is een energiedrager en niet een energiebron, zoals aardolie en aardgas. Waterstof moet dus geproduceerd worden. Er bestaan verschillende productiemethoden en deze worden vaak aangeduid met drie kleuren. Naast deze drie hoofdkleuren bestaan er ook nog andere kleuren die nog meer onderscheid maken tussen de gebruikte productietechnologie en energiebron. De definitie van hernieuwbare waterstof wordt op dit moment in de REDIII ontwikkeld. Nu er nog geen sluitend certificatiesysteem is, geven de kleuren nog geen duidelijkheid over de mate van duurzaamheid, de herkomst van de benodigde hernieuwbare elektriciteit en of dit gaat om extra hernieuwbare elektriciteit ten opzichte van de hernieuwbare elektriciteit die nodig is om het huidige fossiele elektriciteitsgebruik te vervangen. Uiteindelijk moet waterstof geclassificeerd worden aan de hand van de daadwerkelijke koolstofintensiteit. Tot die tijd wordt in dit document de volgende classificatie gehanteerd³:

- Grijs: waterstof geproduceerd met steam methane reforming (SMR) of autothermische reforming (ATR), een chemisch proces waarbij aardgas wordt omgezet in een waterstofrijk gasmengsel en waar CO₂ bij vrijkomt. In deze transitievisie spreken we van fossiele waterstof.
- Blauw: waterstof geproduceerd met gebruik van aardgas waarbij de vrijgekomen CO₂ zoveel mogelijk wordt afgevangen en opgeslagen, ook wel carbon capture storage (CCS) genoemd. Dit is zoveel mogelijk klimaatneutraal - vrijgekomen CO₂ wordt immers afgevangen en opgeslagen - maar niet duurzaam, omdat er fossiele brandstoffen gebruikt worden. In deze transitievisie spreken we van koolstofarme waterstof. Hierbij is over de gehele keten minimaal 70% CO₂-uitstoot gereduceerd.⁴
- Groen: waterstof geproduceerd door middel van elektrolyse met gebruik van hernieuwbare stroom. Hernieuwbare stroom is duurzaam opgewekte stroom, zoals wind- en zonne-energie. Hierbij wordt geen fossiele brandstoffen gebruikt en komt geen CO₂ vrij. In deze transitievisie spreken we van hernieuwbare waterstof.

In deze transitievisie spreken we van fossiele-, koolstofarme- en hernieuwbare waterstof.

1) DNVGL, *Technologiebeoordeling van groene waterstofproductie*, 2018.

2) Stolten, Detlef, 2016, *Hydrogen Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology*

3) Ook andere combinaties van productiemethoden en energiebronnen kunnen vallen onder de classificatie zoals hier genoemd

4) Bauer et al. (2022), *On the climate impacts of blue hydrogen production*. *Sustainable Energy Fuels*, 2022, 6, 66. DOI: 10.1039/d1se01508g

Er zijn daarnaast drie typen koolstofarme waterstof te onderscheiden:

- Het koolstofarm maken van bestaande fossiele waterstofproductie uit aardgas, door de CO₂ van de waterstofproductie af te vangen en op te slaan.
- Het koolstofarm maken van fossiele waterstofproductie uit restgassen vanuit raffinageprocessen, door de CO₂ van de waterstofproductie af te vangen en op te slaan.
- Koolstofarme waterstof uit aardgas produceren met nieuwe standalone stoommethaanreformers (SMR) of autothermische reformers (ATR), door de CO₂ van de waterstofproductie af te vangen en op te slaan.

1.2 Nederland gebruikt grote hoeveelheden fossiele waterstof

De Nederlandse industrie produceert en gebruikt momenteel grote hoeveelheden waterstof. Na Duitsland is Nederland in Europa, met een verbruik 180 PJ waterstof per jaar, de grootste gebruiker van waterstof. Deze waterstof wordt vooralsnog gemaakt uit aardgas en uit restgassen, waarbij grote hoeveelheden CO₂ vrijkomen. De huidige manier van waterstof produceren is verantwoordelijk voor circa 13 Mton CO₂-uitstoot, dat staat gelijk aan ongeveer 20% van de totale industriële CO₂-uitstoot⁵.

In de toekomstige klimaatneutrale energie- en grondstoffenvoorziening zal waterstofproductie dus verduurzaamd moeten worden. Naast de huidige toepassingen van waterstof zullen er nieuwe toepassingen komen. Met name in de industrie, maar ook voor zwaar transport en voor de productie van CO₂ vrije elektriciteit, wanneer er geen duurzame elektriciteit beschikbaar is, zal hernieuwbare waterstof, opgewekt met elektrolyse en hernieuwbare elektriciteit, onmisbaar zijn om het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen te vervangen.

1.3 CO₂-opslag kan de uitstoot van fossiele waterstofproductie verlagen

De verwachting is dat de industrie vóór 2030 nog niet grootschalig kan overstappen op het gebruik van hernieuwbare waterstof, omdat er nog niet voldoende hernieuwbare elektriciteit beschikbaar is en er nog niet voldoende grootschalige elektrolyzers zijn gebouwd. Ook daarna zal hernieuwbare waterstof nog verder opgeschaald moeten worden. Zolang dat niet voldoende gebeurt om aan de vraag naar waterstof te voldoen, zal de CO₂-uitstoot ten gevolge van het gebruik van aardgas doorgaan. Om de CO₂-uitstoot van de huidige fossiele waterstofproductie te verlagen, biedt CO₂-afvang en -opslag (CCS) een mogelijkheid. Hiermee wordt de CO₂, die vrijkomt bij het maken van waterstof uit aardgas, zoveel mogelijk afgevangen en onder de zeebodem opgeslagen, zodat het niet bij kan dragen aan klimaatverandering.

De eerste CCS-projecten zijn momenteel in ontwikkeling en worden naar verwachting in 2024-2026 in gebruik genomen. Het toepassen van CCS op de huidige waterstofproductie, ofwel het 'verblauwen' van de bestaande fossiele waterstof, kan dus voor relatief snelle CO₂-emissiereductie zorgen. Om ook een deel van de uitstoot ten gevolge van het gebruik van aardgas al in de komende jaren te voorkomen, kan nieuwe koolstofarme waterstofproductie een snelle aanvullende bijdrage leveren en tevens bijdragen aan de snellere opschaling van de waterstofketen.

1.4 CO₂-opslag brengt risico's van lock-in met zich mee

Bij de productie van koolstofarme waterstof wordt de CO₂ afgevangen en opgeslagen. Bij CO₂-opslag bestaat het risico op een lock-in, omdat het gebruik van fossiele brandstoffen in stand blijft en de ontwikkeling van duurzame maatregelen geremd wordt. CCS geeft niet de prikkel die nodig is om van fossiele brandstoffen af te gaan. Wanneer geïnvesteerd is in CCS, wordt het lastiger voor structureel duurzame technologieën om te concurreren met CCS, waardoor deze duurzame technologieën vervolgens niet worden toegepast. Als gevolg hiervan treedt er ook weinig verdere ontwikkeling op van deze duurzame technologieën en blijven de technologieën relatief duur. De toepassing van verduurzamingsmaatregelen wordt daardoor vertraagd of verdrongen.

5) <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/overheid-stimuleert-de-inzet-van-meer-waterstof>

Een gevolg hiervan is, dat wanneer wordt geïnvesteerd in CCS in sectoren die door verdere verduurzaming van de samenleving richting 2050 zullen krimpen, investeringen in CCS versneld afgeschreven moeten worden en er het risico op stranded assets ontstaat. Dit geldt voor sectoren als raffinage, waarbij fossiele brandstoffen voor mobiliteitstoepassingen zullen worden vervangen door elektrisch rijden, en productie van kunstmest, die af zal nemen wanneer kringlooplandbouw op grotere schaal wordt toegepast.

Het risico op een lock-in bij CCS kan worden verkleind door voorwaarden aan de toepassing van CCS te stellen. Zo is in het Klimaatakkoord afgesproken dat er voldoende subsidie en stimulering overblijft voor de structurele verduurzaming, zoals hernieuwbare waterstof en elektrificatie, zodat deze snel ontwikkelt en grootschalig ingezet kunnen worden. Door bij investeringen in CCS rekening te houden met de vraagontwikkeling in sectoren die verwacht worden te krimpen, kan het risico op stranded assets als gevolg van versnelde afschrijving van investeringen in CCS-installaties worden verminderd.

Pre-combustion en post-combustion CCS

Er zijn verschillende typen CCS te onderscheiden:

- Bij pre-combustion CCS worden koolwaterstoffen gesplitst in waterstof en CO₂. De CO₂ wordt dan afgevangen vóór verbranding. Op deze manier kan koolstofarme waterstof geproduceerd worden.
- Bij post-combustion CCS wordt CO₂ ná verbranding van koolwaterstoffen opgevangen die anders via de schoorsteen naar de lucht zou zijn uitgestoten.

De risico's op lock-in zijn bij pre-combustion CCS lager dan bij post-combustion CCS. Bij pre-combustion CCS wordt koolstofarme waterstof geproduceerd, die bij de gebruiker relatief eenvoudig vervangen kan worden door hernieuwbare waterstof, wanneer die beschikbaar is.

1.5 Directe en indirecte elektrificatie speelt een sleutelrol in industriële verduurzaming

Niet alleen de huidige waterstofproductie moet worden verduurzaamd. Het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen moet in alle sectoren vervangen worden door hernieuwbare energiebronnen en grondstoffen. Ook in de industrie zal grootschalige elektrificatie een sleutelrol spelen in de verduurzaming, want veel meer processen zullen elektrisch worden aangedreven⁶.

De kansen voor elektrificatie van industriële processen liggen zowel in de directe inzet van elektriciteit, als voor de indirecte inzet via de omzetting naar waterstof. Waterstof kan dan als vervanger voor aardgas worden gebruikt als brandstof. Daarnaast zal waterstof een belangrijk onderdeel worden van het Nederlandse grondstoffensysteem, als grondstof voor het vervaardigen van brandstoffen, materialen en producten die nu nog worden gemaakt uit aardolie, aardgas en kolen en bij chemische processen zoals het recyclen van kunststoffen⁷.

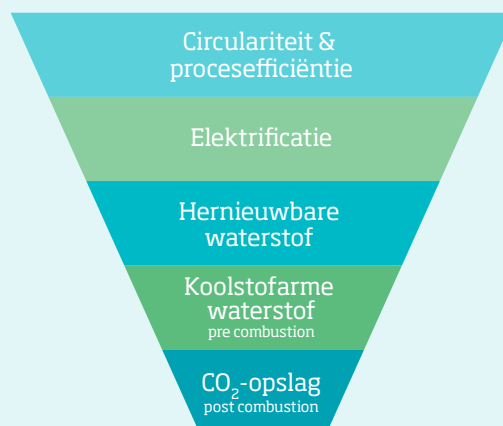
6) TKI Energie en Industrie, samen met TNO, DNV en MSG Sustainable Strategies, 2022, *Routekaart elektrificatie in de industrie, Elektrificatie: cruciaal voor een duurzame industrie*

7) RLI, 2021, *Waterstof, de ontbrekende schakel*

Verduurzaming van de industrie

De verduurzaming van de industrie is cruciaal om klimaatverandering onder de 1,5° Celsius te houden. Alle beschikbare verduurzamingsmaatregelen zijn daarvoor nodig:

- Circulariteit en procesefficiëntie: de meest duurzame energie, is de energie die niet wordt gebruikt. Circulaire producten zorgen ervoor dat er veel minder brand- en grondstoffen nodig zijn. Daarnaast is er nog veel potentieel aan energiebesparende maatregelen om de energievraag zo laag mogelijk te houden.
- Grootschalige elektrificatie zal een sleutelrol spelen in het verduurzamen van de industrie. Veel meer processen die nu nog op fossiele brandstoffen draaien, zullen elektrisch worden aangedreven.
- Hernieuwbare waterstof is als energiedrager een belangrijke schakel in het verduurzamen van de industrie. Waterstof kan in veel toepassingen worden ingezet, als vervanger voor fossiele brand- of grondstoffen.
- Zolang hernieuwbare waterstof nog niet voldoende beschikbaar is, kan koolstofarme waterstof voor snelle CO₂-reductie zorgen.
- Waar er geen alternatieven zijn om te verduurzamen, kan CO₂-opslag worden toegepast, als tijdelijke oplossing.



1.6 Ook voordat hernieuwbare waterstof beschikbaar is, is er behoefte aan CO₂-emissiereductie

De opschaling van hernieuwbare waterstof en de daaraan gerelateerde hernieuwbare energieopwekking is ingezet, maar kost tijd. Tegelijkertijd is er geen tijd te verspillen om klimaatverandering tegen te gaan en de CO₂-uitstoot te verminderen. Koolstofarme waterstof kan daarom bijdragen aan het verlagen van de CO₂-uitstoot die vrijkomt bij de verbranding van aardgas, totdat hernieuwbare waterstof voldoende is opgeschaald. Sectoren die nu nog geen waterstof gebruiken, maar wel fossiele brandstoffen, maken dan de transitie naar koolstofarme waterstof alvorens over te stappen op hernieuwbare waterstof.

1.7 De ontwikkeling van waterstof is afhankelijk van een groot aantal factoren

Hoe groot de rol van hernieuwbare, dan wel koolstofarme waterstof, zal worden in ons energie- en grondstoffen-systeem is nog niet precies te zeggen. Het is afhankelijk van een diverse factoren, zoals de ontwikkeling van windenergie op de Noordzee, de kostprijsontwikkeling van hernieuwbare waterstof, de beschikbaarheid van infrastructuur, de ontwikkeling van een waterstofimportmarkt en het tempo en de omvang waarmee alternatieven voor waterstof zich ontwikkelen. Ook het Europees beleid en de geopolitieke situatie rondom energie als gevolg van de Russische oorlog in Oekraïne hebben invloed op de ontwikkeling van waterstof. Bovendien heeft het de afhankelijkheden in de energievoorziening en het belang van energiezekerheid blootgelegd. De afhankelijkheden en onzekerheden rond deze factoren laten zien dat nog niet concreet te zeggen is op welke manier en in welke tempo de vraag naar waterstof in specifieke sectoren zich zal ontwikkelen en wanneer precies hernieuwbare waterstof grootschalig beschikbaar is.

1.8 Transitievisie voor waterstof is nodig

Deze onzekerheden, maar ook de kansen en de risico's van de opschaling van hernieuwbare en koolstofarme waterstof, maken duidelijk dat een transitievisie voor waterstof nodig is. Koolstofarme waterstof kan een belangrijke energiedrager in de transitie zijn, om de CO₂-uitstoot als gevolg van de verbranding van gas te verlagen, in de periode waarin hernieuwbare waterstof nog niet voldoende is opgeschaald. Zonder visie op wat nodig is om koolstofarme waterstof een rol te laten spelen in het realiseren van snelle CO₂-reductie totdat hernieuwbare waterstof voldoende beschikbaar is, bestaat het risico dat het gebruik van fossiele brandstoffen en de daaraan gekoppelde CO₂-uitstoot langer doorgaat dan nodig.

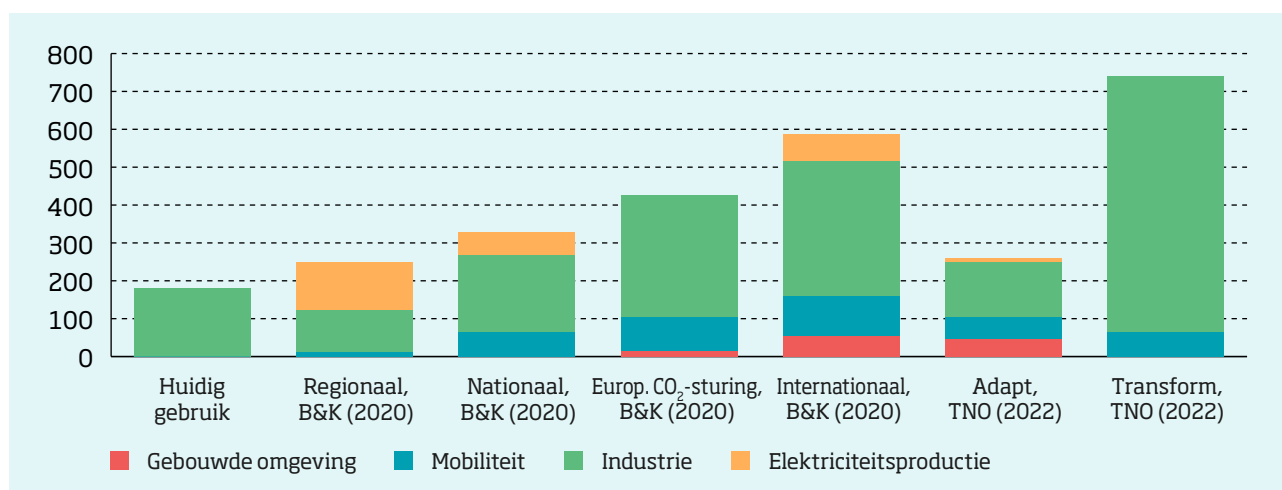
2. Transitievisie van fossiele brand- en grondstoffen naar hernieuwbare waterstof

2.1 Een markt voor waterstof

Wanneer de Nederlandse industrie CO₂-neutraal is, zal een deel van de huidige fossiele energie- en grondstoffen-vraag ingevuld worden door waterstof. Hoewel de ambities voor de opschaling van hernieuwbare waterstof hoog zijn, in zowel Nederland als de Europese Unie, heeft de markt voor hernieuwbare waterstof zich op dit moment nog niet volledig ontwikkeld. Bedrijven gaan in elektrolyzers investeren als ze redelijk zeker zijn dat hun hernieuwbare waterstof zal worden afgenomen tegen een goede prijs. Tegelijkertijd worden industriële processen pas ingericht op het gebruik van waterstof wanneer duidelijk is dat en tegen welke prijs waterstof geleverd kan worden. De overheid zal in deze fase de marktontwikkeling moeten stimuleren.

2.1.1 Huidige vraag en toekomstige vraagontwikkeling waterstof

De huidige Nederlandse waterstofvraag wordt nog met fossiele waterstof ingevuld. Deze vraag zit voornamelijk in sectoren als kunstmestproductie en raffinage. In de omschakeling naar een duurzame industrie moet de bestaande waterstofproductie duurzaam worden. Daarnaast zal in andere industriële sectoren, zoals ijzer en staal, basischemie en synthetische brandstoffen, nieuwe vraag naar waterstof ontstaan.



Figuur 2a - Waterstofvraag per sector (huidig en in 2050) voor zes verschillende scenario's

In figuur 2a is de gemodelleerde vraagontwikkeling van de kostenoptimalisatiemodellen van TNO⁸ en van de scenario's van Berenschot en Kalavasta⁹ weergegeven naast de huidige (fossiele) waterstofvraag. De spreiding in de verwachte vraagontwikkeling in de verschillende scenario- en energiesysteemstudies voor een klimaat-neutraal Nederland in 2050, laten zien dat door de onzekerheden en afhankelijkheden het lastig te zeggen is wat de daadwerkelijk vraagontwikkeling voor waterstof zal zijn. Het wordt in elk geval duidelijk dat de vraag naar waterstof waarschijnlijk zal groeien, met name in de industrie.

2.1.2 Aanbod van hernieuwbare waterstof

Als de doelen voor duurzame elektriciteitsopwekking in 2030 gehaald worden, zal vanaf dat jaartal de stroommix in Nederland voor minimaal 70% duurzaam zijn¹⁰. Vanaf dat moment zijn er regelmatig overschotten aan elektriciteit die gebruikt kunnen worden om waterstof op grote schaal te gaan produceren.

Op basis van de ambities voor waterstof kan een illustratief beeld worden geschetst van de ontwikkeling van het aanbod van waterstof. In het Klimaatakkoord is de ambitie uitgesproken om 500 MW in 2025 aan elektrolyzers

8) TNO, Een klimaatneutraal energiesysteem voor Nederland, 2022

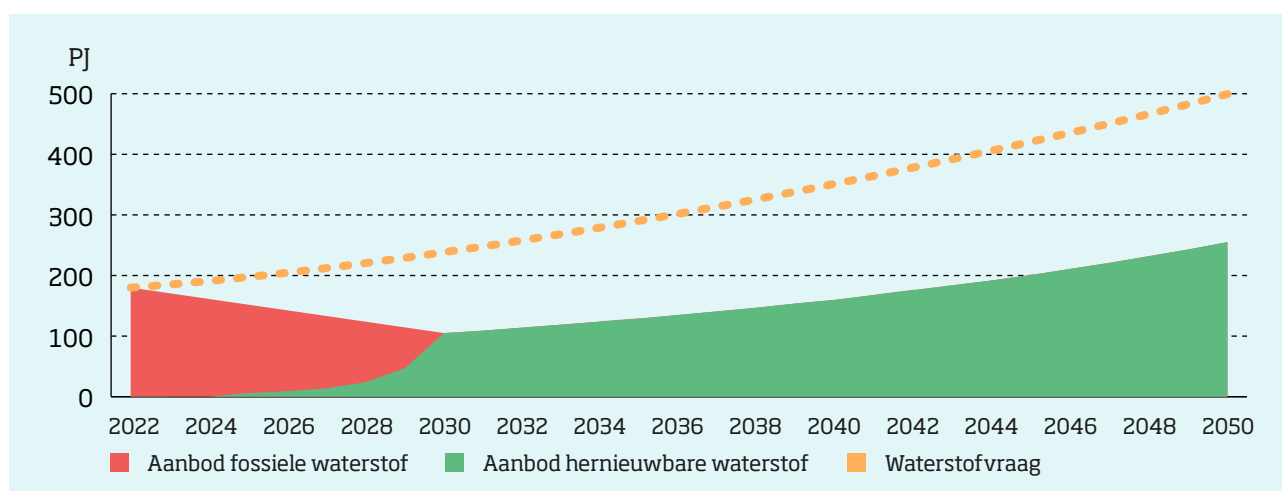
9) Berenschot en Kalavasta I13050, Klimaatneutrale energiescenario's 2050, 2022

10) Klimaatakkoord, 2019, afspraken voor Elektriciteit <https://www.klimaatakkoord.nl/elektriciteit>

neer te zetten en 3-4 GW in 2030. In het komende jaar verwacht het kabinet bovendien circa 1 GW aan elektrolyse-capaciteit te kunnen subsidiëren. Het Nationaal Waterstof Programma stelt voor dat het doel van 3-4 GW aan elektrolysecapaciteit in 2030 naar 6-8 GW te verhogen. Het kabinet geeft daarbij aan dat het voornemens is eerder dan 2030 de 4 GW elektrolysecapaciteit te realiseren, maar dat niet eerder dan in 2024 een besluit wordt genomen over de ophoging van de doelstelling. Of de 6-8 GW binnenlandse elektrolysecapaciteit in 2030 haalbaar is, is afhankelijk van onder andere de vraag naar hernieuwbare waterstof en het aanbod van hernieuwbare elektriciteit¹¹.

Na 2030 zal de elektrolysecapaciteit en het aanbod van hernieuwbare elektriciteit verder worden opgeschaald. Voor het aanbod richting 2050 wordt uitgegaan van 70 GW opgesteld vermogen windenergie op zee¹², waarvan circa 25% gebruikt wordt voor waterstofproductie en de rest gebruikt wordt voor de benodigde directe elektrificatie.

De ontwikkeling van het aanbod van hernieuwbare waterstof wordt op basis van bovenstaande in onderstaande grafiek geschetst, uitgaande van het 8 GW scenario voor 2030¹³. Hierin is ook een verwachting van de vraag naar waterstof geschetst¹⁴.



Figuur 2b - Illustratief voorbeeld vraag- en aanbodontwikkeling van waterstof

Zoals te zien is in figuur 2b, is het groeiende aanbod van hernieuwbare waterstof niet voldoende om aan de groeiende vraag naar hernieuwbare waterstof te voldoen. Er zal nog geruime tijd een verschil bestaan tussen de (latente) vraag en het aanbod van waterstof. De ontwikkeling zoals geschetst in figuur 2b is een illustratief voorbeeld. In de praktijk volgen vraag en aanbod van waterstof elkaar nauw op in een markt die nog niet volwassen is, zoals bij waterstof het geval is. Dat heeft tot gevolg dat veel processen nog niet omgezet worden naar waterstof, en het gebruik van fossiele brandstoffen voortduurt met de daarbij behorende CO₂-uitstoot. Om de klimaatdoelen te halen zijn er een paar mogelijkheden om dit fossiele gat tussen vraag en aanbod van waterstof te dichten: het sterk verhogen van het aanbod van hernieuwbare waterstof, het verlagen van de energie- en grondstoffenvraag, het importeren van waterstof en het produceren van koolstofarme waterstof.

Diverse scenario studies laten echter zien dat de gehele energievraag richting 2050 niet kan worden voorzien met duurzame energie, zonder sterke afname van de energievraag. En hoewel afname in de energievraag essentieel is om de klimaatdoelen te halen, wordt daar vanuit beleid nog niet op gestuurd, met als gevolg dat nog veel fossiele brandstoffen gebruikt zullen worden. Naast import van duurzame energie, biedt de import van waterstof mogelijk een duurzame uitkomst, maar ook de importmarkt van waterstof is nog in ontwikkeling en zal op korte termijn nog niet voor significante CO₂-emissiereductie kunnen zorgen.

11) Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022, Kamerbrief 32813-1143 Voortgang waterstofbeleid

12) Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022, Kamerbrief Windenergie op zee 2030-2050

13) Hierbij wordt uitgegaan van 4.500 vollasturen, een oplopend elektrolyserendement van 70% in 2025, 80% in 2030 en 90% in 2050, 70 GW opgesteld vermogen wind op zee in 2050, waarvan 25% gebruikt wordt voor waterstofproductie.

14) Op basis van een geschat gemiddelde van diverse scenario studies van TNO, Kalavasta en Berenschot.

2.1.3 Een noodzaak voor gebruik koolstofarme waterstof

De kans dat het gebruik van fossiele brandstoffen nog ver na 2030 voortduurt, is bij het achterblijven van sterke energievraagvermindering, het onvoldoende voorhanden zijn van hernieuwbare waterstof en de nog niet ontwikkelde importmarkt, groot. De productie van koolstofarme waterstof kan in dit geval een belangrijke rol spelen bij het voorkomen van de CO₂-uitstoot en het halen van klimaatdoelen. Het laatste IPCC-rapport¹⁵ bevestigt dat ook na 2030 in zekere mate koolstofarme waterstof nodig zal zijn. Ook uit een studie van Aurora¹⁶ in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat blijkt dat koolstofarme waterstof cruciaal is om aan de verwachte vraag te voldoen.

Europees beleid stuurt op hernieuwbare waterstof.

Met de Europese Green Deal van de Europese Unie wil Europa in 2030 de CO₂-uitstoot met 55 procent terugbrengen ten opzichte van 1990. In 2021 heeft de Europese Commissie een groot pakket aan maatregelen gepresenteerd, genaamd 'Fit for 55', waarmee deze doelstellingen behaald moeten worden. Onderdeel van dat pakket is een wijziging van de Renewable Energy Directive (RED) dat onder andere gaat over de productie van hernieuwbare energie. Het nieuwste voorstel van de Europese Commissie voor de RED omvat een doelstelling voor waterstof. In 2030 moet 35-50% van de gebruikte waterstof hernieuwbaar zijn.

2.2 Waterstofgebruik in de industrie

Op basis van de potentiële vraagontwikkeling kan voor de belangrijkste industriële sectoren in Nederland (staal, raffinage en chemie) een beeld worden geschetst van hoe de transitie van fossiele, via koolstofarme, naar hernieuwbare waterstof zal verlopen.

2.2.1 Raffinage

Een groot deel van de waterstof die momenteel in Nederland wordt toegepast, wordt in raffinaderijen gebruikt om brandstoffen te ontwavelen. Het gaat om waterstof die als restgassen in het raffinageproces vrijkomen en op een ander moment in het proces weer worden gebruikt. Raffinage van fossiele producten zal sterk krimpen als gevolg van verminderde vraag naar fossiele brandstoffen voor transport als gevolg van de groei van elektrisch transport.

Maar zolang er nog raffinage van fossiele producten plaats vindt, komt hier veel CO₂ bij vrij. Deze CO₂ kan relatief makkelijk worden afgevangen om vervolgens onder de grond op te slaan. Vervanging van waterstof uit restgassen door hernieuwbare waterstof is mogelijk, maar niet het meest voor de hand liggend omdat de uitstoot van restgassen daarmee niet wordt voorkomen. Koolstofarme waterstofproductie uit restgassen is voor snelle verlaging van CO₂-uitstoot daarom een logischere keuze dan de inzet van hernieuwbare waterstof. Er dient hierbij rekening gehouden te worden met krimp van de raffinageprocessen zodat het risico op stranded assets en versnelde afschrijving van investeringen worden verminderd, zoals beschreven in 1.4.

2.2.2 Staal-, ijzer- en metaalproductie

De huidige manier van staalproductie gaat gepaard met veel CO₂-uitstoot. Tata Steel in IJmuiden, de enige staalfabriek in Nederland, is dan ook de grootste uitstoter in de industrie. Tata Steel heeft ervoor gekozen om hun staalproductie te verduurzamen met DRI-technologie (direct reduced iron), waarbij ijzererts direct wordt gereduceerd met behulp van aardgas of waterstof ter vervanging van kolen en de hoogovens. Hiervoor zijn grote hoeveelheden waterstof nodig. Tot het moment dat er grote hoeveelheden hernieuwbare waterstof beschikbaar is, zullen zij DRI met aardgas inzetten. Hierbij zal ook CO₂ worden uitgestoten, hoewel minder dan bij de verbranding van kolen. De CO₂-uitstoot die vrijkomt bij het inzetten van DRI-technologie op aardgas kan worden voorkomen door in plaats van aardgas, koolstofarme waterstof in te zetten. Op deze manier kan ook vóór de opschaling van hernieuwbare waterstof de CO₂-uitstoot aanzienlijk worden verlaagd.

15) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

16) Aurora, EZK, 2022, *CO₂-free flexibility options for the Dutch power system*

2.2.3 Chemie

De chemie is een zeer diverse sector, waarbij nog veel fossiele brand- en grondstoffen wordt gebruikt. Voor verduurzaming moeten dan ook veel verschillende maatregelen worden ingezet, zoals elektrificatie, toepassing van waterstof en daarnaast ook het toepassen van circulariteit.

2.2.3.1 Kunstmest

De waterstof die momenteel in Nederland wordt geproduceerd, is met name bestemd als grondstof voor de productie van kunstmest. De kunstmestindustrie is daarmee de grootste gebruiker van (nu nog fossiele) waterstof. Bij de waterstofproductie in de kunstmestindustrie komt CO₂ in relatief pure vorm vrij. Nu wordt dat uitgestoten in de atmosfeer. Door de puurheid is deze CO₂ echter relatief makkelijk af te vangen om op te slaan. De kunstmestindustrie zal uiteindelijk hernieuwbare waterstof gaan gebruiken, maar totdat dat in grote hoeveelheden beschikbaar is, kan afvang en opslag van de CO₂ die vrijkomt bij de waterstofproductie uit gas aanzienlijke CO₂-reductie opleveren. Daarnaast zal kringlooplandbouw leiden tot een lagere vraag naar kunstmest. Ook bij deze toepassing van CO₂-opslag zal rekening moeten worden gehouden met krimp kunstmestproductie zodat het risico op stranded assets als gevolg van versnelde afschrijving van investeringen worden verminderd.

2.2.3.2 Synthetische brandstoffen

Om de luchtvaart te verduurzamen is, naast minder en efficiënter vliegen, duurzame kerosine nodig. Voor de productie van deze synthetische brandstoffen is CO₂ en waterstof nodig. Of een synthetische brandstof ook echt duurzaam is, hangt af van of de waterstof hernieuwbaar is, en of de CO₂ uit de lucht wordt gehaald, van biogene oorsprong is of circulair wordt gebruikt. Het ligt niet voor de hand om koolstofarme waterstof in te zetten voor synthetische brandstoffen en eerst CO₂ af te vangen om vervolgens weer CO₂ te gebruiken. De verwachting is dat er pas grootschalig op synthetische brandstoffen ingezet wordt wanneer hernieuwbare waterstof ruim beschikbaar is, ruim na 2030.

3. Van visie naar uitvoering

In een klimaatneutrale samenleving wordt waterstof geproduceerd uit hernieuwbare energiebronnen. Hernieuwbare waterstof is het eindbeeld waar nu al naartoe moet worden gewerkt. Voldoende hernieuwbare waterstof voor een klimaatneutrale industrie komt er niet vanzelf. Er is nu beleid nodig voor de opschaling van elektrolyzers en voor de randvoorwaarden van het gebruik van hernieuwbare waterstof zoals de benodigde extra windenergie op zee, infrastructuur en marktordening.

Gezien de prognoses voor de waterstofvraag en het aanbod van waterstof uit zowel eigen productie als import, bestaat er een kans dat er niet voldoende hernieuwbare waterstof beschikbaar is om aan de vraag te voldoen. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van elektrolyzers, maar ook vanwege de grote benodigde additionele hernieuwbare elektriciteit tot 2030. De bijdrage van hernieuwbare waterstof aan de klimaatdoelen van 2030 zal daarom beperkt zijn, waardoor er een redelijke kans bestaat dat het gebruik van fossiele brandstoffen voortduurt, terwijl juist snelle CO₂-reductie nodig is om de doelen voor 2030 te bereiken.

Koolstofarme waterstof waarbij CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen, kan voor 2030 wél een significante bijdrage leveren aan de klimaatdoelen, door de uitstoot van het gebruik van fossiele brandstoffen te verlagen. Koolstofarme waterstof wordt gemaakt uit fossiele bronnen, waaronder aardgas. In de huidige klimaatcontext brengt investeren in processen die draaien op fossiele brandstoffen in een transitie naar een fossielvrije samenleving risico's van lock-in met zich mee. Risico's op lock-in en stranded assets moeten daarom geminimaliseerd worden.

Om de transitie van fossiele brandstoffen naar verduurzaming met waterstof tot uitvoering te brengen roepen wij op om de ontwikkeling van de hele waterstofwaardeketen te stimuleren. Daartoe doen wij de volgende aanbevelingen aan de Rijksoverheid:

- A.** Werk onverkort door aan de opschaling van hernieuwbare waterstof en de daarbij benodigde extra hernieuwbare elektriciteitsproductie, infrastructuur, opslag en marktordening.
- B.** Stimuleer de vraag naar waterstof om processen op fossiele brandstof te verduurzamen, daar waar dat met directe elektrificatie niet mogelijk is.

Om aan de vraag naar waterstof te voldoen is, naast opschaling van hernieuwbare waterstof, het volgende nodig:

- A.** Ontwikkel de importketen van hernieuwbare én koolstofarme waterstof.
- B. Erken de noodzaak tot koolstofarme waterstof en vorm een visie op hoe koolstofarme waterstof een rol kan spelen in de verduurzaming van de energie- en grondstoffenvoorziening en wat daarvoor nodig is.**
- C.** Minimaliseer de lock-in risico's van koolstofarme waterstof door randvoorwaarden voor de toepassing van CO₂-opslag op te stellen, door te werken aan het afbouwpad voor fossiele brand- en grondstoffen, door rekening te houden met krimp in sectoren waar koolstofarme waterstof wordt toegepast en het aantrekkelijker maken van de overstap van koolstofarme en hernieuwbare waterstof.

Een duidelijke visie over de rol van koolstofarme waterstof in het terugdringen van CO₂-emissies is nodig. Koolstofarme waterstof voorkomt uitstoot bij de verbranding van aardgas en kan bijdragen aan de opschaling van de waterstofketen zolang nog gas wordt gebruikt. Sectoren die nu nog geen waterstof gebruiken, maar wel fossiele brandstoffen, maken dan de transitie naar koolstofarme waterstof alvorens over te stappen op hernieuwbare waterstof.

Colofon**Uitgave**

Natuur & Milieu

Januari 2023

Utrecht

Tekst en inhoud

Natuur & Milieu

Vormgeving

DeUitwerkStudio

Contact

info@natuurenmilieu.nl

+31 (0)30 233 13 28

**NATUUR
& MILIEU**