



Routekaart Waterstof

Colofon

Dit is een publicatie van:
Nationaal Waterstof Programma

nwp@rvo.nl
www.nationaalwaterstofprogramma.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat

© Nationaal Waterstof Programma | november 2022

Het Nationaal Waterstof Programma (NWP) is een publiek-private samenwerking voor het gezamenlijk realiseren van de ambities en afspraken op het gebied van waterstof. Het NWP bestaat uit vertegenwoordigers uit de hele waterstofsector, en de betrokken ambtenaren. Kijk voor een uitgebreide deelnemerslijst achterin deze Routekaart.

Het NWP komt voort uit het Klimaatakkoord.

The top of the page features several light green molecular diagrams. These include single circles, pairs of circles connected by a line, and a chain of three circles connected by lines.

Routekaart Waterstof

Inhoudsopgave

Samenvatting Routekaart Waterstof	8
Deel I: Proces Routekaart Waterstof	20
1 Inleiding	21
1.1 Definities	22
1.2 Aanleiding Routekaart Waterstof	22
1.3 Noodzaak en kansen ontwikkeling Nederlandse waterstofmarkt	23
1.4 Doel van de Routekaart	24
1.5 Onzekerheden en uitdagingen	24
1.6 Monitoring van voortgang	25
Deel II: Routekaart Waterstof	26
2 Thema Productie	27
2.1 Beschrijving thema Productie	28
2.2 Detail-routekaart Productie	28
2.3 Fase 2022-2025	33
2.4 Fase 2025-2030	35
2.5 Fase na 2030	36
2.6 Toelichting bij de randvoorwaarden	37
3 Thema Import	40
3.1 Beschrijving thema Import	41
3.2 Detail-routekaart Import	44
3.3 Fase 2022-2025	44
3.4 Fase 2025-2030	47
3.5 Fase na 2030	49
4 Thema Infrastructuur en Opslag	51
4.1 Beschrijving thema Infrastructuur en Opslag	52
4.2 Detail-routekaart Infrastructuur en Opslag	58
4.2.1 Fase 2022-2025	58
4.2.2 Fase 2025-2030	60
4.2.3 Fase na 2030	61
5 Thema Toepassingen Industrie	62
5.1 Beschrijving thema Toepassingen in de Industrie	63
5.2 Detail-routekaart Toepassingen Industrie	63
5.3 Fase 2022-2025	67
5.4 Fase 2025-2030	68
5.5 Fase na 2030	69
6 Thema Toepassingen Mobiliteit	70
6.1 Beschrijving thema Toepassingen Mobiliteit	71
6.2 Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Wegtransport	74
6.2.1 Fase 2022-2025	74
6.2.2 Fase 2025-2030	76
6.2.3 Fase na 2030	77

6.3	Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Luchtvaart	78
6.3.1	Fase 2022-2025	78
6.3.2	Fase 2025-2030	79
6.3.3	Fase na 2030	79
6.4	Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Scheepvaart	80
6.4.1	Fase 2022-2030	82
6.4.2	Fase 2030-2035	83
6.4.3	Fase 2035-2050	83
6.5	Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Zeevaart	84
6.5.1	Fase 2022-2025	84
6.5.2	Fase 2025-2030	85
6.5.3	Fase na 2030	85
7	Thema Toepassingen Gebouwde Omgeving	86
7.1	Beschrijving thema Toepassingen Gebouwde Omgeving	87
7.2	Fase 2022-2025	88
7.3	Fase 2025-2030	89
7.4	Fase na 2030	90
8	Thema Toepassingen Elektriciteitsopwekking	91
8.1	Beschrijving thema Toepassingen Elektriciteitsopwekking	92
8.2	Detail-routekaart Toepassingen Elektriciteitsopwekking	94
8.2.1	Fase 2022-2025	94
8.2.2	Fase 2025-2030	94
8.2.3	Fase na 2030	95
9	Thema Beleidskader	96
9.1	Beschrijving thema Beleidskader	97
9.2	EU en Internationaal	97
9.2.1	Europese waterstofstrategie	97
9.2.2	Herziening van de Renewable Energy Directive	99
9.3	Nationaal beleid	103
9.3.1	Marktordening	103
9.3.2	Bestaand en aangekondigd beleid voor marktontwikkeling	104
10	Thema Veiligheid	108
10.1	Beschrijving thema Veiligheid	109
10.2	Doelen, acties en mijlpalen over de jaren	110
10.2.1	Fase 2022-2025	110
10.2.2	Fase 2025-2030	111
10.2.3	Fase na 2030	112
10.3	Belangrijke documenten, instanties en sites	112
11	Thema Innovatie	113
11.1	Beschrijving thema Innovatie	114
11.2	Fase 2022-2025	117
11.3	Fase 2025-2030	118
11.4	Fase na 2030	119
12	Thema Maatschappelijke Acceptatie	120
12.1	Beschrijving thema Maatschappelijke Acceptatie	121
12.2	Fase 2022-2025	123
12.3	Fase 2025-2030	124
12.4	Fase na 2030	124

13	Thema Maakindustrie	125
13.1	Beschrijving thema Maakindustrie	126
13.2	Fase 2022-2025	127
13.3	Fase 2025-2030	129
13.4	Fase na 2030	130
14	Thema Human Capital Agenda	131
14.1	Beschrijving thema Human Capital Agenda	132
15	Bijlage I Factsheet Routekaart Waterstof aan Wind op Zee	134
15.1	Inleiding	134
15.2	Inpassing in het energiesysteem	138
15.3	Onshore elektrolyse	139
15.4	Offshore elektrolyse	139
15.5	Koppeling met andere thema's	140
	Afkortingen	142
	Deelnemende organisaties	144
	Bronnenlijst	147



Samenvatting Route-kaart Waterstof

Introductie

De Routekaart Waterstof beschrijft hoe een brede groep stakeholders de komende jaren vooruitgang wil boeken om de Nederlandse waterstofambities en klimaatdoelen te behalen. Het gaat om zowel publieke als private partijen die zich hebben verbonden aan het Nationaal Waterstof Programma (NWP). De Routekaart hanteert een holistische benadering voor de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt, door aanbod, transport, distributie, opslag, toepassing en randvoorwaarden met elkaar te verbinden. De Routekaart beschrijft de doelen voor de komende jaren en welke acties nodig zijn om deze doelen te behalen. Naast concrete doelen en acties tot 2030 schetst de Routekaart vooruitblikken voor de periode na 2030, met een duidelijke richting op de lange termijn.

De ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt is noodzakelijk voor de verduurzaming van de Nederlandse economie. Hernieuwbare en koolstofarme waterstof en derivaten helpen bij de verduurzaming van de industrie, mobiliteit, gebouwde omgeving en elektriciteitsopwekking. De noodzaak voor een snelle ontwikkeling van de mondiale waterstofmarkt is groot door wereldwijd achterblijvende klimaatactie en de druk op de voorzieningszekerheid. Nederland kan en wil een belangrijke rol spelen in deze mondiale markt. De vraag naar hernieuwbare waterstof stijgt sterk en hiervoor is zowel voldoende productie in Nederland (zowel op land als op zee) als import nodig. Nederland heeft door haar ervaring met waterstof, uitgebreide haven-, transport- en opslaginfrastructuur, de aanwezige industrie, de grootschalige uitrol van wind op zee en de gunstige ligging voor doorvoer ten opzichte van onze buurlanden een uitstekende uitgangspositie voor de grootschalige opschaling van waterstof. De omvang van de uitdaging is duidelijk: met op dit moment bijna geen hernieuwbaar en koolstofarme waterstof aanbod is de komende tijd een snelle en significante opschaling van de hele keten – productie, import, transport, distributie en gebruik – vereist. Het is van groot belang dat de randvoorwaarden hiervoor tijdig gereed zijn, zoals een brede veiligheids- en kennisbasis; een voorspoedige uitrol van hernieuwbare elektriciteit; de infrastructuur op land en op zee; CO₂-infrastructuur voor koolstofarme waterstof; gepaste regelgeving en financieel instrumentarium voor ontwikkeling en uitrol; en voldoende gekwalificeerd (technisch) personeel.

De snelle groei van waterstofketens biedt de Nederlandse maakindustrie kansen op (inter)nationale markten die al snel in de miljarden euro's kunnen lopen. Naar schatting zijn al ongeveer 1000 Nederlandse bedrijven actief op deze nieuwe markten. Door snel te handelen kunnen Nederlandse bedrijven 'control points' innemen in diverse deelmarkten, zodat de internationale waterstofindustrie niet om de Nederlandse bedrijven heen kan. Voor onze energievoorziening geldt dat het belangrijk is om een aanzienlijk deel van de supply chains in Europa te vestigen. Zo borgen we dat de afhankelijkheid van derde landen beperkt is.

Het kader waarbinnen de ontwikkeling van de waterstofmarkt plaatsvindt, is nog volop in beweging. Op het moment dat deze Routekaart wordt geschreven, vinden in Brussel de onderhandelingen plaats over de hoogte van de doelen voor 2030 voor gebruik van hernieuwbare waterstof in de industrie en mobiliteitssector. Maar ook over de voorwaarden die worden gesteld

aan de gebruikte en gecontracteerde elektriciteit voor productie van hernieuwbare waterstof. Ongeacht de exacte opgave is duidelijk dat richting 2030 een aanzienlijke vraag naar hernieuwbare waterstof(derivaten) in de industrie en mobiliteitssector ontstaat. Die moet worden ingevuld met binnenlandse productie en import. Om er zeker van te zijn dat Nederland de Europese doelen haalt, roepen de deelnemers aan het NWP op om het doel voor de binnenlandse productie van hernieuwbare waterstof vast te stellen op tenminste 80 petajoule (PJ) in 2030. Dit komt, afhankelijk van het aantal vollasturen, neer op 6 tot 8 gigawatt (GW) elektrolyse. Als die waterstofproductie niet ten koste mag gaan van directe elektrificatie en verduurzaming van bestaand elektriciteitsverbruik, dan moeten de productie of import van CO₂-vrije elektriciteit omhoog om in de resterende elektriciteitsvraag te voorzien.

In aanvulling daarop is import van waterstof nodig en zal er richting 2030 gewerkt worden aan de opschaling van offshore elektrolyse. Er moet direct en parallel worden begonnen met het uitvoeren van de benodigde acties om voorbereid te zijn op 2030, waarbij we gezamenlijk een snelle leercurve doorlopen. Er ligt een grote uitdaging in het bewaken van de timing en samenhang tussen alle activiteiten en keuzes die de komende jaren worden gemaakt. Opschaling van de productie en import is onder meer afhankelijk van en hangt samen met het aanwezig en tijdig op orde zijn van de infrastructuur voor waterstof, de aanwezigheid van veiligheidskaders en verdere ontwikkelingen in de maakindustrie, met voldoende innovaties en personeel en met het maatschappelijk draagvlak. Bovendien hangt de uiteindelijke vraag naar waterstof van de industrie en de mobiliteitsector samen met de Europese doelen en het daarmee samenhangende instrumentarium.

Intensieve samenwerking van alle spelers in de keten, zowel nationaal als internationaal, is daarom vereist zodat er nú keuzes gemaakt worden voor beleidsmaatregelen die op korte termijn tot investeringen leiden. De overheid speelt hierbij een belangrijke rol als initiator en regisseur van dit proces en bij het scheppen van de randvoorwaarden.

Het werk van het NWP is na het opleveren van deze Routekaart niet af. Er ontstaat een steeds duidelijker beeld van wat realistische aannames zijn voor het volume van hernieuwbare elektriciteit die nodig is voor de productie van hernieuwbare waterstof. En van de benodigde importvolumes voor waterstof en derivaten. Dit beeld baseert zich op de uitkomsten van Europese onderhandelingen en een groeiend inzicht in de vraagontwikkeling naar hernieuwbare waterstof en directe elektrificatie. Vanuit het NWP denken we mee over deze ontwikkelingen en het daarvoor benodigde beleid. Ook brengen we het waterstof-belang in bij beleidstrajecten zoals het Nationaal Plan Energiesysteem. Daarnaast wordt de voortgang van de in deze Routekaart genoemde doelen en acties gemonitord en vindt bijsturing plaats waar nodig.

Onderstaande visualisatie laat zien wat de visie van het NWP is op de ontwikkeling en opschaling van de waterstofmarkt in de jaren 2022-2025, 2025-2030 en na 2030. De visualisatie heeft als doel een gedeeld beeld te creëren en gids te zijn voor wat er moet gebeuren om de doelen van 2030 te halen. Maar ook van wat er moet gebeuren om een volwassen waterstofmarkt te ontwikkelen die bijdraagt aan een klimaatneutraal Nederland. De structuur van de visualisatie sluit aan bij de hoofdstukken van de Routekaart Waterstof die verderop in deze samenvatting worden toegelicht. De eerste 2 thema's (hoofdstuk 2: Waterstofproductie en hoofdstuk 3: Import) beslaan de aanbodkant en het derde thema gaat in op de uitrol van de benodigde infrastructuur en opslag (hoofdstuk 4). Belangrijke mijlpalen hiervoor zijn te zien aan de bovenkant van de visualisatie. Daaronder staan de mijlpalen voor de toepassingen van waterstof in de industrie (hoofdstuk 5), mobiliteit (hoofdstuk 6), gebouwde omgeving (hoofdstuk 7) en elektriciteitsopwekking (hoofdstuk 8). Voor de beoogde ontwikkeling van de waterstofmarkt zijn de randvoorwaarden zoals genoemd aan de onderkant van de visualisatie cruciaal. Het beleidskader (hoofdstuk 9), veiligheid (hoofdstuk 10), innovatie (hoofdstuk 11), maatschappelijke acceptatie (hoofdstuk 12), de maakindustrie (hoofdstuk 13) en de human capital agenda (hoofdstuk 14) zijn bepalend voor de beoogde ontwikkeling van de waterstofmarkt. De Routekaart bevat ook een bijlage over windenergie op zee. Dit omdat er een grote mate van samenhang bestaat tussen de opschaling van hernieuwbare waterstof en de voorgenomen grootschalige uitrol van windenergie op zee.

Routekaart voor waterstof

NWP Nationaal Waterstof Programma

2022-2025

2025-2030

Na 2030

Productie
600 MW elektrolysecapaciteit; inzet CCS bij bestaande productie

Import
Eerste import van waterstof, vooral als ammoniak

Infrastructuur en opslag
Waterstofnetwerk in opbouw, verbindt productie met vraag. Eerste opslagcaverne

Productie
80 PJ hernieuwbare waterstof; ook inzet CCS

Import
Ontwikkeling grootschalige import inclusief doorvoer

Infrastructuur en opslag
Waterstofnetwerk verbindt productie en vraag, opslag in 3-4 zoutcavernes

Productie
Hernieuwbare waterstof op zee

Import
Grootschalige import, is onderdeel van de Europese markt

Infrastructuur en opslag
Verdere ontwikkeling distributienetten en infra op zee

Toepassing

- 600 MW hernieuwbare waterstof, met name als grondstof
- 50 waterstoftankstations met bijbehorende voertuigen
- Eerste pilots in gebouwde omgeving
- Eerste deels geschikte gascentrales voor opwekking elektriciteit

Toepassing

- 40-80 PJ met name voor productie staal en chemicaliën en raffinage
- 18-58 PJ waterstof voor alle transportmodaliteiten
- Eerste pilots voor emissieloze luchtvaart en scheepvaart
- Mogelijk eerste 100% waterstofcentrales voor opwekking elektriciteit

Toepassing

- Inzet bij productie van staal, chemicaliën en raffinaderijen
- Gebruik in elektriciteitsopwekking en delen gebouwde omgeving
- Waterstof een volwaardige optie voor wegtransport
- Ombouw laatste gascentrales

Randvoorwaarden: essentieel om de doelen te bereiken



Beleidskader



Veiligheid



Innovatie



Maatschappelijke acceptatie



Maakindustrie



Human capital agenda

Overkoepelende doelen en belangrijkste bijbehorende acties in 2022-2025

Dit overzicht bevat overkoepelende doelen en de bijbehorende belangrijkste acties die volgens het NWP nodig zijn. In de Routekaart staan meerdere doelen, acties en randvoorwaarden per thema en fase in meer detail uitgewerkt.

1. Duidelijke doelen stellen voor waterstofproductie en -gebruik en het ontwikkelen van passende instrumenten

Acties

- Het Rijk stelt nationale waterstofdoelen voor aanbod en vraag en herijkt deze met jaarlijkse tussendoelen.
- Het Rijk zorgt voor een robuust opschalingsbeleid: voldoende subsidies voor projecten en duidelijkheid over de prikkels voor waterstofgebruikers. Zij evalueert of het beleid toereikend is.
- Het Rijk en NWP-deelnemers spreken af informatie uit te wisselen over knelpunten bij vergunningsprocedures.
- Het Rijk faciliteert een voorspoedige ontwikkeling van vrijwillige certificeringsschema's voor hernieuwbare waterstof met oog voor toepassingen in landen buiten de EU.

2. Zekerheid geven over de essentiële randvoorwaarden voor de import en doorvoer van waterstof

Acties

- Het Rijk trekt samen op met de buurlanden voor het positioneren van deze regio als bestemming voor import.
- Het Rijk werkt met het oog op diversificatie aan relaties met landen met exportpotentieel binnen en buiten Europa.
- Het Rijk streeft ernaar om rond 2025 de belangrijkste randvoorwaarden voor import gereed te hebben.
- Het Rijk stimuleert de eerste fase van deze Routekaart via ondersteunend instrumentarium zoals H2Global.
- Het Rijk doet onderzoek naar verwachte importvolumes van waterstof en derivaten, mede met oog op de impact op ruimte en veiligheid.
- Het Rijk en NWP-deelnemers werken samen om een (grensoverschrijdende) waterstofinfrastructuur voor import en doorvoer gereed te maken.

3. Zorgen voor een landelijk waterstoftransportnetwerk met bijbehorende opslag

Acties

- Gasunie werkt in opdracht van het Rijk aan de realisatie van het landelijke transportnetwerk voor waterstof.
- Het Rijk onderzoekt de mogelijkheden voor een publiek waterstoftransportnetwerk op zee.
- Het Rijk en NWP-deelnemers onderzoeken hoe de ontwikkeling van distributienetten vormgegeven kan worden voor tijdige aansluiting van cluster 6 en tankstations.
- Het Rijk onderzoekt wat er aanvullend nodig is aan bovengrondse en ondergrondse waterstofopslagcapaciteit.
- Het Rijk en NWP-deelnemers onderzoeken mogelijke opslaglocaties (in uitgeputte gasvelden en in zoutcavernes: opslagruimtes in ondergrondse zoutvelden).

4. Inzicht verkrijgen in (potentiële) waterstofverbruikers en het realiseren van condities voor de opschaling van waterstofgebruik

Acties

- Het Rijk ontwikkelt in samenwerking met belanghebbenden richtsnoeren om de veiligheid van waterstoftoepassing te waarborgen.
- Rijk en de sector doen een vraag- en aanbodanalyse van hernieuwbare en koolstofarme waterstof richting 2030 en daarna.
- NWP-deelnemers geven duidelijkheid over de tijdlijnen voor de introductie van voertuigen op waterstof en de realisatie van tankstations.
- NWP-deelnemers werken aan productiefaciliteiten voor synthetische brandstoffen en de ontwikkeling van waterstofvliegtuigen en schepen.
- De industrie start met de aanpassing van industriële installaties (en de bouw van nieuwe installaties) zodat hierin richting 2030 en daarna waterstof kan worden toegepast.
- NWP-deelnemers delen knelpunten met betrekking tot grootschalig gebruik van waterstof in de industrie, zoals vergunningen en aanpassingen aan installaties.

5. Voldoende aandacht geven aan innovatie voor de opschaling en toepassing van waterstof

Acties

- GroenvermogenNL werkt aan een R&D-programma dat een groot deel van de benodigde (keten)innovatie over de komende jaren dekt. Innovatievragen die niet aan bod komen in dit R&D-programma worden opgepakt via het generieke energie-innovatie-instrumentarium voor de Topsector Energie.
- GroenvermogenNL werkt daarnaast aan de uitwerking van de Human Capital Agenda om te zorgen voor voldoende gekwalificeerd personeel.
- NWP-deelnemers en het Rijk evalueren het potentieel voor de kostenreductie van elektrolyse en de belangrijkste kansen voor verdere innovatie voor 2030.
- Het Rijk en NWP-deelnemers zetten in op een innovatieprogramma energiehubbs en waterstof op zee.
- NWP-deelnemers verzamelen de belangrijkste (innovatie)opgaven voor de Nederlandse maakindustrie en werken aan de eerste pilots en demo's van elektrolyzers en *stacks*, ondersteund door onder meer testfaciliteiten en een veiligheidscentrum.
- NWP-deelnemers brengen knelpunten voor het realiseren van Gigawatt-schaalelektrolyse in kaart.
- De sector en het Rijk onderzoeken de inzet van waterstof in nieuwe toepassingen richting 2030 door pilot- en demonstratieprojecten in alle sectoren.

6. De inpassing van waterstof in het energiesysteem bewaken en rekening houden met alternatieve verduurzamingsmogelijkheden

Acties

- Het Rijk besluit over extra productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen op zee en land, in lijn met de extra vraag vanuit (onder meer) elektrolyse in 2030.
- Het Rijk onderzoekt welke strategische elektrolysecapaciteit wenselijk is na 2030 en waar elektrolyse belangrijke systeemvoordelen biedt.
- Het Rijk en NWP-deelnemers beschrijven hoe gerealiseerde elektrolyseprojecten bijdragen aan een robuust energiesysteem en flexibiliteitsdiensten, ter voorkoming van netcongestie.
- Het Rijk en NWP-deelnemers onderzoeken de bijdrage van waterstof aan de verduurzaming van de industrie, in relatie tot andere verduurzamingsroutes.

Productie

Momenteel produceert Nederland een grote hoeveelheid waterstof uit aardgas. In de toekomst ziet de samenstelling van de Nederlandse waterstofproductie er fundamenteel anders uit. Er is een grotere rol voor hernieuwbare waterstof op basis van elektrolyse, mede door de verwachte bindende doelen voor het gebruik hiervan in de industrie en mobiliteit. Daarnaast vervullen elektrolyzers een functie voor energieopslag en bij het ontlasten van congestie op energienetten. De deelnemers aan het NWP roepen het kabinet daarom op om een doel voor de productie van hernieuwbare waterstof vast te stellen van tenminste 80 PJ in 2030. Dit is noodzakelijk om er zeker van te zijn dat Nederland de Europese doelen haalt. Een doel van 80 PJ komt overeen met ongeveer 6 tot 8 GW geïnstalleerde elektrolysecapaciteit, afhankelijk van het aantal vollasturen. In aanvulling daarop willen we werken aan de opschaling van offshore elektrolyse.

De deelnemers aan het NWP stellen voor om het doel voor 2025 op 600 megawatt (MW) elektrolysecapaciteit vast te stellen. Deze capaciteit moet in de jaren daarna lineair doorgroeien en aansluiten op de realisatie van benodigde wind- en zonneparken en het landelijke waterstoftransportnet. Als die waterstofproductie niet ten koste mag gaan van directe elektrificatie en verduurzaming van bestaand elektriciteitsverbruik, dan moeten de productie of import van CO₂-vrije elektriciteit omhoog. De geplande hoeveelheid wind op zee is namelijk niet genoeg om het volledige potentieel voor (in)directe elektrificatie in 2030 te realiseren. Ook vormt de inpassing van grootschalige elektrolyse in het energiesysteem op land een uitdaging, net als het ruimtebeslag dat dit met zich meebrengt. Offshore elektrolyse in aanvulling op de aangekondigde capaciteit biedt een mogelijke uitkomst om in 2030 al meer hernieuwbare waterstof uit extra offshore wind te produceren dan met alleen elektrolyse op land. De grote uitdaging is om een balans te vinden tussen de opschaling van elektrolyse aan de ene kant en hernieuwbare elektriciteitsproductie aan de andere kant.

Voor de opschaling van de elektrolysecapaciteit is ondersteunend beleid nodig. Het Rijk moet daarom snel starten met de implementatie van ondersteunend beleid om elektrolyseprojecten te realiseren na 2025. Om een snelle groei in een onvolwassen markt te realiseren, ligt in de eerste jaren een subsidie-instrument voor de hand om groei van de elektrolysecapaciteit te stimuleren. Rond 2030 kan worden overgestapt op combinaties van normeren en beprijzen.

Naast de productie van hernieuwbare waterstof uit elektriciteit, is de productie van koolstofarme waterstof uit aardgas en industriële restgassen in de transitie tot ten minste 2030 nodig om voldoende stabiel aanbod van waterstof voor industriële toepassingen te continueren en tegelijkertijd de CO₂-emissiedoelen van de industrie te halen. Hiervoor kan Carbon Capture & Storage (CCS) worden gebruikt. Andere kansrijke productiemethoden, zoals pyrolyse, thermolyse en vergassing van restafval, moeten de komende jaren de kans krijgen om zich te bewijzen.

Import

Achter het begrip 'waterstofimport' schuilt een complexe wereld van een nog te ontwikkelen internationale handel van op duurzame waterstof gebaseerde grondstoffen en brandstoffen, voor vele verschillende toepassingen. Het gaat daarbij om waterstof in verschillende vormen, zoals vloeibare en gasvormige waterstof, ammoniak, synthetische brandstoffen (zoals methanol) en zogeheten Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs).

Diverse landen en regio's binnen en buiten Europa hebben een groot potentieel voor waterstofproductie, die deels voor export kan worden ingezet. De eerste importen komen waarschijnlijk uit landen waaruit nu fossiele brandstoffen worden geïmporteerd. Denk aan landen in het Midden-Oosten en Noord-Amerika. Dat komt omdat daar een groot potentieel aan hernieuwbare elektriciteit is en gebruik kan worden gemaakt van bestaande netwerken, infrastructuur en expertise. Daarnaast moeten in deze fase voorbereidingen voltooid worden voor importen uit landen binnen Europa, zoals Portugal en Spanje. De eerste volumes zullen klein zijn, waardoor het belangrijk is dat de komende jaren de randvoorwaarden worden gecreëerd om toekomstige importen te faciliteren. In de periode na 2025 importeert Nederland waterstof uit een steeds groter wordende groep landen binnen en buiten Europa. Nederland intensificeert

daarom de samenwerking met andere landen via het opzetten van bilaterale Memorandums of Understanding (MoUs).

De Nederlandse rijksoverheid wil uiterlijk in 2025 zekerheid geven over het realiseren van infrastructuur en opslagcapaciteit, veiligheidsbeleid, regulering en certificering van hernieuwbare waterstof. Daarnaast worden de eerste importen ondersteund met instrumenten zoals IPCEI en H2Global. Het is ook belangrijk dat Nederland samenwerkt aan een importstrategie met andere landen met een soortgelijk importbelang, zoals Duitsland en België. Samenwerking met deze landen kan via Europees beleid de import faciliteren en sneller op gang brengen. Zo kan Nederland bijdragen aan het creëren van een mondiale liquide markt. Dit vergt een voortvarende aanpak in Europees verband, waarbij ruimte voor marktontwikkeling samen moet gaan met zekerheid over essentiële randvoorwaarden. Nederland kan hierin een leidende rol spelen, samen met buurlanden.

Infrastructuur en opslag

Pijpleidingen zijn de meest efficiënte manier om in de binnenlandse behoefte aan waterstof-transport te voorzien. Vanaf 2022 wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een Nederlands transportnetwerk voor waterstof. De meest concrete vraag naar transportcapaciteit wordt verwacht in de 4 industriële clusters aan de kust. Gevoed door voornamelijk op zee geproduceerde hernieuwbare elektriciteit, gaan elektrolyzers in de industriële clusters aan de kust hernieuwbare waterstof produceren. Ook komt in deze havenclusters geïmporteerde waterstof het land binnen. De eerste ontwikkelingsfase van het transportnet verbindt deze 4 industriële clusters. In de tweede fase van ontwikkeling wordt de vraag vanuit andere delen van het land bediend, waaronder het vijfde industriële cluster Chemelot in Limburg. De timing van de aanleg van het transportnet is afhankelijk van de vraag van de bedrijven. Dit moet rond 2027 leiden tot een transportnet dat alle grote industriële clusters met elkaar verbindt, toegang biedt tot opslagfaciliteiten en Nederland met de buurlanden verbindt.

Parallel aan de landelijke ontwikkelingen zijn ook op regionaal niveau voorbereidingen gestart rondom de infrastructuur voor waterstof. Een deel van de 'grote' industrie (cluster 6) is aangesloten op het regionale gasnet. Om de verduurzamingsdoelstelling voor 2030 te halen, is het belangrijk dat ook deze bedrijven toegang krijgen tot waterstof. Vanuit de mobiliteitssector wordt verwacht dat het transport van waterstof over de weg – voor tankstations – bij toenemende inzet van zwaar transport zal oplopen tegen de grenzen van wat mogelijk is. Om voor deze ontwikkelingen op tijd (2025-2030) gereed te zijn, moet op specifieke locaties de regionale infrastructuur gereed zijn, inclusief het daarvoor benodigde beleid. Via diverse pilots en projecten wordt hier kennis en ervaring over opgebouwd. Naast het transport van gasvormige waterstof moet er de komende jaren gekeken worden naar de benodigde infrastructuur voor andere vormen van waterstof, waarvoor ook andere modaliteiten in aanmerking komen.

Voor verdere vergroting van de capaciteit van het transportnetwerk moet worden ingezet op de ontwikkeling van een offshore waterstofnetwerk. Op korte termijn wordt een besluit genomen over de marktordening en aanwijzing van een Hydrogen Network Operator (HNO) voor een waterstofnet op zee. Dit is nodig om de opschaling van offshore elektrolyse te faciliteren.

Met de groeiende productie van en vraag naar waterstof, is ook opslag nodig om flexibiliteit en leveringszekerheid te garanderen. De productie van waterstof via elektrolyse – gekoppeld aan hernieuwbare elektriciteit – is seizoens- en weerafhankelijk. Daarom is grootschalige waterstofopslag nodig om pieken en dalen in dit productieprofiel – maar ook in het vraagprofiel – op te vangen. Variatie in productie kan deels worden opgevangen met import en ondergrondse opslag van waterstof(derivaten). Bovengrondse opslag (in tanks) biedt in relatie tot ondergrondse waterstofopslag een kleinschaliger alternatief. Momenteel wordt wereldwijd onderzoek gedaan naar de technische haalbaarheid en mogelijke effecten van waterstofopslag in zoutcavernes (ruimtes in ondergrondse zoutlagen) en lege gasvelden, als oplossing voor het bieden van flexibiliteit en leveringszekerheid in het energiesysteem. In 2030 zijn er 3 of 4 zoutcavernes met een volume van 750 tot 1000 GWh nodig voor opslag. Volwaardige opslaglocaties in gasvelden

komen waarschijnlijk pas ruim na 2030 beschikbaar. Ook na 2030 groeit de vraag naar transport- en opslagcapaciteit.

Uiteindelijk ontstaat een landelijk dekkend waterstofnetwerk, met voldoende opslagcapaciteit. Ook de regionale distributienetten zijn hier onderdeel van, zodat de gehele industrie, de Nederlandse mobiliteit en (delen van) de gebouwde omgeving van hernieuwbare waterstof kunnen worden voorzien. Dit vindt gefaseerd plaats, ook passend bij de realisatie van het HyNetwork Services-netwerk (HNS).

Toepassingen in de Industrie

De Nederlandse industrie consumeert naar schatting 180 PJ waterstof per jaar en is na Duitsland de grootste waterstofgebruiker binnen de Europese Unie. De huidige vraag naar waterstof in de industrie wordt grotendeels ingevuld met waterstof uit aardgas en industriële restgassen. Het vervangen van deze waterstof door hernieuwbare en koolstofarme waterstof is een belangrijke stap in de verduurzaming van de industrie. Waterstof wordt op dit moment vooral ingezet als grondstof. In de toekomst wordt waterstof ook als CO₂-vrije energiedrager voor hogetemperatuurprocessen ingezet.

Alle industriële clusters hebben in hun Cluster Energie Strategie (CES) aangegeven dat hernieuwbare en koolstofarme waterstof een belangrijke rol gaat spelen in hun verduurzamingsstrategieën. Een directe, volledige overstap van waterstof uit aardgas naar hernieuwbare waterstof wordt op de korte termijn onrealistisch geacht, gelet op de maximale uitroolsnelheid van elektrolyseprojecten, de capaciteit van waterstofproductie via wind op zee en de ondersteunende infrastructuur. Daarnaast vergt de grootschalige inzet van waterstof ingrijpende aanpassingen aan industriële installaties. Voor succes op de lange termijn zijn daarom verschillende stappen nodig: het Rijk stelt heldere beleidsdoelen voor het gebruik van hernieuwbare waterstof in 2030 en ontwikkelt passend instrumentarium voor de inzet van hernieuwbare en koolstofarme waterstof in de industrie. Parallel daaraan bereidt de industrie projecten voor betreffende de inzet van waterstof en brengt (in samenwerking met onderzoeksinstellingen) de benodigde nieuwe technologieën tot volwassenheid. In 2025 wordt hernieuwbare en koolstofarme waterstof ingezet als grondstof in bestaande toepassingen van waterstof. Met name in raffinage en chemie. Richting 2030 wordt de inzet van waterstof verder opgeschaald om de Europese doelen te halen. Met name bij de productie van transportbrandstoffen en in de chemie. De industrie en het Rijk monitoren de vraag naar en het aanbod van waterstof om onbalans te voorkomen en nemen gerichte maatregelen om knelpunten weg te nemen.

Toepassingen Mobiliteit

De mogelijke toepassingen van waterstof in de mobiliteitssector kunnen worden opgedeeld in wegtransport, scheepvaart en luchtvaart. In het Klimaatakkoord is een doelstelling geformuleerd voor volledig emissieloze mobiliteit in 2050. Mobiliteit op de weg en de binnenvaart zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor circa 26% van de Nederlandse CO₂-uitstoot. Daarnaast hebben ook de internationale lucht- en scheepvaart een aanzienlijke uitstoot. Waterstof en daarvan afgeleide brandstoffen spelen een belangrijke rol bij de verduurzaming van de mobiliteitssector. De opgaven in de sub-sectoren verschillen echter sterk van elkaar.

In de wegmobiliteit is er vooral een groot potentieel voor het gebruik van waterstof voor transport over grote afstanden en/of met zware lasten. Voor lichtere toepassingen met een kleine range liggen batterij-elektrische voertuigen meer voor de hand. Om de CO₂-intensiteit te verlagen en de Europese doelen te halen wordt hernieuwbare waterstof ook ingezet in raffinaderijen voor de productie van conventionele brandstoffen via de raffinageroute en bij de productie van biobrandstoffen en synthetische kerosine. Op termijn is het de bedoeling dat waterstof in het zware wegtransport en mogelijk ook in de binnenvaart voornamelijk rechtstreeks wordt ingezet, in de zeescheepvaart en de luchtvaart zullen het voornamelijk op waterstof gebaseerde hernieuwbare brandstoffen worden. In de fase tot 2025 staat voor het wegtransport de concrete doelstelling om in 2025 een basisnetwerk van tenminste 50 waterstoftankstations met bijbehorende voertuigen te

realiseren. Om het potentieel van waterstof volledig en tijdig te benutten is een flinke opschaling vereist op het gebied van waterstofproductie, de uitrol van transport- en distributie-infrastructuur en de ontwikkeling van waterstofvoertuigen en tankstations. De overheid werkt samen met de private sector aan acties om de mogelijkheden voor de toepassing van waterstof in de mobiliteit te stimuleren. Als de markt voor voertuigen voldoende tot ontwikkeling komt is de verwachting in 2030 een landelijk dekkend netwerk van waterstoftankstations voor verschillende modaliteiten kan worden gerealiseerd.

Ook bij de verduurzaming van de scheepvaart kan waterstof een belangrijke rol spelen. Schepen hebben een grote energiebehoefte en leggen vaak grote afstanden af, waardoor waterstof een uitkomst kan bieden in aanvulling op elektrificatie en andere schone brandstoffen. In de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens is de doelstelling geformuleerd van 150 zero-emissie binnenvaartschepen in 2030. Naast vloeibare en gasvormige waterstof kunnen verschillende waterstofdragende brandstoffen ingezet worden, waaronder ammoniak en synthetische brandstoffen. Ook wordt in het RH2INE-programma gewerkt aan de transitie naar waterstofbinnenvaartschepen in Noordwest-Europa. In 2050 is het doel nagenoeg emissievrije en klimaatneutrale binnenvaart te realiseren. De brandstoftransitie van de zeevaart is nog in een vroege fase, waarbij de mogelijke transitiepaden momenteel worden uitgewerkt. De focus ligt hierbij op onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van duurzame brandstoffen en technologieën om uiteindelijk in 2050 emissievrije scheepvaart te bereiken.

Voor de verduurzaming van de luchtvaartsector wordt ingezet op het gebruik van duurzame brandstoffen en technologische innovaties. Hernieuwbare waterstof wordt gebruikt voor de productie van deze duurzame brandstoffen, voor zowel biobrandstoffen en synthetische kerosine. Momenteel zet Nederland nationaal in op een bijmenging van 14% duurzame brandstoffen in 2030 en fossielvrij vliegen in 2050. Ook zet Nederland actief in op de implementatie van bijmengverplichting in Europees verband. Daarnaast wordt er door partijen gewerkt aan de ontwikkeling van waterstofvliegtuigen, waarvan de eerste begin 2030 worden verwacht.

Toepassingen gebouwde omgeving

Er is nog veel onduidelijk over de omvang van de rol van waterstof voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Tot 2030 is de rol van waterstof als alternatief voor aardgas naar verwachting niet groot. Deze periode wordt gebruikt om de verschillende waterstoftoepassingen in de gebouwde omgeving te onderzoeken. Verschillende technologieën worden daarbij overwogen, waaronder individuele en collectieve oplossingen voor een gebouw of gebied, met gebruikmaking van het bestaande (aardgas)netwerk. Daarnaast wordt de mogelijkheid onderzocht voor het gebruik van restwarmte uit elektrolyzers. Ook vinden pilots plaats binnen de gebouwde omgeving om kennis en ervaring op te doen over de toepasbaarheid van waterstoftechnieken.

Het potentieel van waterstofgebruik in de gebouwde omgeving hangt af van een aantal factoren. Dat zijn onder meer de beschikbaarheid en de verdeling van de waterstof over de verschillende sectoren, de kostprijs en de mate van hergebruik van lokale netten. Mogelijk kan waterstof na 2030 toegepast worden in situaties waar alternatieve verwarmingsmethoden, zoals warmtepompen en warmtenetten, niet haalbaar of wenselijk zijn.

Toepassingen elektriciteitsopwekking

Waterstof is een voor de hand liggende CO₂-vrije brandstof als het gaat om flexibele opwekking van elektriciteit. Het voorziet in de inflexibele elektriciteitsvraag die niet wordt gedekt uit opwekking van elektriciteit uit zon en wind. Nederlandse aardgasgestookte elektriciteitscentrales bieden een goede uitgangspositie voor omschakeling van aardgas naar waterstof. In het coalitieakkoord zijn subsidies voor de ombouw van gascentrales opgenomen. Hoe die subsidies eruit komen te zien is nog niet duidelijk. De ombouw naar centrales die waterstof bijmengen of volledig inzetten, behoort tot de mogelijkheden. Bij een aantal aardgasgestookte elektriciteitscentrales wordt nu al ingezet op de mogelijkheid om waterstof als brandstof bij te mengen. De uiteindelijke reductie die hiermee wordt behaald is afhankelijk van de inzet van CO₂-vrije brandstoffen in de centrales. Gezien de

nu nog zeer beperkte beschikbaarheid van waterstof en de te verwachten toenemende vraag uit de industrie en mobiliteitssector, vindt de daadwerkelijke grootschalige inzet van waterstof in elektriciteitscentrales waarschijnlijk pas na 2030 plaats. Na 2030 moeten de gascentrales worden omgebouwd, omdat het Europese emissiehandelssysteem (EU-ETS) van toepassing is op de elektriciteitssector. Op basis van het door de Europese Commissie voorgestelde aangescherpte emissiereductiedoel, is de verwachting dat de hele elektriciteitssector – samen met de grote industrie in de EU – in 2040 per saldo geen CO₂-uitstoot meer heeft.

Beleidskader

Zowel Europees als nationaal beleid is bepalend voor de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt. Met name de herziening van de Renewable Energy Directive (RED) heeft impact op de Nederlandse waterstofmarkt. Op het moment dat deze Routekaart wordt geschreven zijn de onderhandelingen tussen de Europese Commissie, Europese Raad en het Europees Parlement nog gaande. Deze onderhandelingen worden naar verwachting eind 2022 afgerond. Ze gaan over een bindend doel voor het gebruik van zogeheten Renewable Fuels of Non-Biological Origine (RFNBO's) in de industrie en mobiliteitssector. De Europese Commissie zet voor 2030 in op 50% van het totale waterstofgebruik in de industrie en 2,6% van al het energieverbruik in de mobiliteitsector. De lidstaten willen echter lagere bindende doelen (35% in de industrie in 2030 en 50% in 2035, en een indicatief doel van 5,2% in de mobiliteitsector), terwijl het Europees Parlement hogere bindende doelen wil (50% in de industrie in 2030 en 70% in 2035, en 5,7% voor de mobiliteitsector). Daarnaast wordt nog onderhandeld over de zogeheten gedelegeerde handelingen die bepalen wat de definitie van hernieuwbare waterstof is en daarmee aan welke voorwaarden Nederlandse waterstofprojecten moeten voldoen om subsidie te mogen ontvangen. Verder hangt de definitie van koolstofarme waterstof af van het Waterstof- en Gas decarbonisatiepakket. Ook de voorstellen REFuelEU (luchtvaart) en FuelEU Maritime (zeevervaart) spelen een belangrijke rol voor de productie en toepassing van (mede op) waterstof gebaseerde brandstoffen. Naast bestaand of aangekondigd beleid zijn de trajecten die de EU in REPowerEU heeft aangekondigd van belang. Zoals de Green Hydrogen Partnerships, Global Hydrogen Facility (Hydrogen Bank/waterstofbank) en de Hydrogen Corridors.

Voor wat betreft de Nederlandse marktordening is de 'wie mag wat?'-vraag in juni 2022 grotendeels ingevuld. Wel moeten in de jaren tot 2025 nog belangrijke keuzes worden gemaakt op het gebied van onder meer:

- de marktordening voor waterstof op zee;
- de marktordening voor regionale distributienetten;
- grensoverschrijdende CO₂-transportinfrastructuur en opslaginfrastructuur;
- de Europese marktordening voor waterstof als onderdeel van het EU-waterstof- en gas decarbonisatiepakket;
- regels over derdentoegang en tarieven voor infrastructuur;
- ruimte, plichten en bevoegdheden voor regionale netbeheerders op het gebied van waterstof;
- de inrichting van groot- en kleinhandelsmarkten.

Daarnaast zijn beleid voor CO₂-reductie door middel van het Europese ETS en de Nederlandse CO₂-heffing van belang. De komende jaren worden ook daar aanscherpingen van de doelen verwacht. Dit kan het gebruik van hernieuwbare en koolstofarme waterstof in deze sectoren stimuleren. Er zijn diverse bestaande en aangekondigde ondersteunende beleidsinstrumenten (subsidies) die bijdragen aan het ontwikkelen van de markt.

Veiligheid

De energietransitie – in het bijzonder de opschaling van waterstof als energiedrager – brengt nieuwe situaties en bijbehorende veiligheidsrisico's met zich mee. Het veiligheidsvraagstuk raakt alle sectoren en daarmee alle inhoudelijke thema's rond waterstof. Vanuit het Rijk is inmiddels een generieke set met uitgangspunten opgesteld voor het omgaan met veiligheid rond de energietransitie. Deze worden uitgewerkt in een serie richtsnoeren voor waterstofveiligheid. De richtsnoeren hebben vooral nog betrekking op gasvormig waterstof. Er zijn ontwikkelingen op

het gebied van vloeibaar waterstof en waterstofderivaten, zoals ammoniak en LOHC's. Ook hiervoor moeten richtsnoeren worden ontwikkeld. Het is van belang dat beleidsmakers en bevoegd gezag meer inzicht krijgen in de veiligheidsrisico's. Het veiligheidsbeleid moet verankerd worden in reguliere wet- en regelgeving (bijvoorbeeld die onder de Omgevingswet) en uitvoeringspraktijk. Tijdelijke kaders (zoals het generieke richtsnoer en/of bepaalde aanvullende richtsnoeren) kunnen dan vervallen. Nieuwe ontwikkelingen worden gevolgd en in lijn met de beproefde uitgangspunten ingepast in het energiesysteem.

Innovatie

Missiegedreven innoveren is noodzakelijk voor de realisatie van succesvolle waterstofketens. Veel van de producten en diensten die onderdeel van de waterstofeconomie (gaan) uitmaken, bestaan nog niet of moeten nog worden geoptimaliseerd en opgeschaald. Of ze zijn nog niet marktrijp, of nog te duur. Innovatie betreft (de integratie van) technologie, economie, ecologie, beleid en human capital. Innovatie is daarbij niet alleen technologisch van aard; sociale innovatie is minstens zo belangrijk. Ondersteuning is nodig op alle Technology Readiness Levels (TRL's), van fundamenteel tot toegepast onderzoek, experimentele ontwikkeling, pilots en demonstratie. Om de opschaling te versnellen is in de komende jaren ondersteuning nodig bij zowel investerings- (capex) als operationele (opex) kosten. Verder is het van belang dat er een sterk innovatie-ecosysteem wordt gebouwd, dat in staat is om concurrerende waterstofketens op te zetten en door te ontwikkelen. Dit ecosysteem moet sterk in verbinding staan met andere groepen binnen en buiten Europa. Bovenstaande punten komen terug in het meerjarig innovatieprogramma voor waterstof van TKI Nieuw Gas. Na een brede herijking van de missiegedreven innovatie-aanpak is de geactualiseerde versie van het programma in oktober 2022 opgeleverd. De herijkte innovatieagenda van TKI Nieuw Gas noemt de volgende prioriteiten:

- Prioriteit 1 - Ontwikkeling van duurzame waterstofketens in de industrie, bestaande uit waterstofproductie gekoppeld aan offshore wind, infrastructuur en opslag, en toepassing in de industrie voor energiedoeleinden en als grondstof, inclusief de benodigde systeemintegratie.
- Prioriteit 2 - Import van waterstofhoudende energiedragers, zoals derivaten en LOHC's, en waterstof in gasvormige en vloeibare vorm.
- Prioriteit 3 - Toepassing van waterstof in zwaar transport, zoals wegtransport, bouw en grondverzet, binnenvaart en kustvaart, en in de luchtvaart.
- Prioriteit 4 - Regionale, decentrale productie en gebruik van waterstof in regio's waar congestie in het energienet de realisatie van duurzame energieprojecten belemmert, dan wel waar het lokale gebruik van waterstof efficiënt bediend kan worden.
- Prioriteit 5 - Ontwikkeling van technologieclusters voor waterstofcomponenten en ketens, inclusief koppeling met de maakindustrie.

Maatschappelijke acceptatie

Momenteel is waterstof voor de samenleving het meest 'zichtbaar' in de mobiliteit. Ook zijn er pilots in de gebouwde omgeving en projecten die onder rijkscoördinatie zijn gestart voor de aanleg van onderdelen van een waterstoftransportnet. Op termijn wordt de (ruimtelijke) impact van waterstof steeds duidelijker door de groeiende rol van waterstof in het energie- en grondstoffsysteem. Binnen diverse ruimtelijke programma's wordt rekening gehouden met het benodigde ruimtebeslag voor hernieuwbare en koolstofarme waterstof. Voor het maatschappelijk draagvlak is goed omgevingsmanagement cruciaal. Net als het zoeken naar meekoppelkansen bij de uiteindelijke ruimtelijke inpassing van waterstof. Het ontwikkelen van een gedragscode door de sector levert hier een bijdrage aan. Daarnaast moet richting het bredere publiek duidelijk worden gemaakt waarom waterstof een essentiële energiedrager en grondstof is binnen het toekomstige klimaatneutrale energie- en grondstoffsysteem. Door middel van het ontwikkelen van een narratief en publiekscommunicatie worden feiten over de diverse waterstofthema's gedeeld en

wordt uitleg gegeven over de consequenties van de groeiende waterstofmarkt. De acceptatie onder het brede publiek moet worden gemonitord. Er wordt aansluiting gezocht op de visie burgerparticipatie, waarin een integrale visie op burgerbetrokkenheid bij de energietransitie wordt vormgegeven.

Maakindustrie

De energietransitie en de opkomst van een waterstofmarkt bieden veel kansen voor de Nederlandse maakindustrie, die daarop al acteert. Samenwerking tussen de Nederlandse procesindustrie en de maakindustrie moet op gang komen om de beste nieuwe generatie elektrolyzers en/of componenten daarvoor te gaan produceren. Nederlandse partijen in de maakindustrie hebben momenteel een goede uitgangspositie op het gebied van onder meer de nieuwe generatie schaalbare en repliceerbare (componenten voor) elektrolyzers, brandstofcellen, meetsystemen, compressoren en andere onderdelen. Momenteel zijn er nog geen commerciële Nederlandse productiepartijen die als systeemintegrator voor elektrolyzers opereren. Wel zijn er enkele start-ups en producenten van kleinschalige systemen (0,5 tot 1 MW). Het doel is om voor 2025 de eerste pilots en demo's van elektrolyzers en stacks, gebouwd door de Nederlandse maakindustrie, te realiseren. Doel is ook onderzoek te ondersteunen met onder meer testfaciliteiten en een veiligheidscentrum. Na 2025 wordt de Nederlandse maakindustrie doorontwikkeld tot een internationale speler, die sleutelposities inneemt voor zowel elektrolyzers als andere installaties/componenten.

Human Capital Agenda

Zonder voldoende en goed gekwalificeerd personeel komt de opschaling van waterstof in Nederland niet snel genoeg en veilig van de grond. Daarom moet er worden geïnvesteerd in het opleiden van mensen en bedrijven die bijvoorbeeld elektrolyzers en installaties kunnen bouwen en weten hoe je waterstof veilig moet vervoeren. Deze vakmensen zijn er nu nog te weinig, omdat in vrijwel alle sectoren van de energietransitie grote tekorten zijn. Vooral waar het gaat om technisch geschoold personeel.

GroenvermogenNL is een onderzoeks-, demonstratie- en investeringsprogramma dat wordt gefinancierd uit het nationale Groeifonds. Dit programma vormt tevens de basis voor de Human Capital Agenda Waterstof, waarin plannen zijn opgenomen voor de periode 2022-2025. Deze plannen bestaan uit 5 onderdelen:

1. het in kaart brengen van de kennisbehoefte;
2. het opzetten van Learning Communities in de regio;
3. het opzetten van een digitaal nationaal kennisplatform;
4. het ontwikkelen van een nationaal pakket aan onderwijsprogramma's;
5. het stimuleren van innovatie en opleiden binnen het midden- en kleinbedrijf (MKB).

Deel I:

Proces Routekaart Waterstof



Fotografie: North Sea Port

Op korte termijn is een flinke reductie van broeikasgasemissies nodig om verdere opwarming van de aarde tegen te gaan. In het Klimaatakkoord van Parijs is afgesproken om de opwarming te beperken tot ruim onder de 2°C en te streven naar een maximale opwarming van 1,5°C. Vervanging van fossiele door hernieuwbare energiebronnen is uiteindelijk de belangrijkste optie om broeikasgasemissies volledig te reduceren en de duurzame energievoorziening vorm te geven. Waterstof is onmisbaar in dit energiesysteem, dat duurzaam, betrouwbaar, betaalbaar en veilig moet zijn. De ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt is daarmee noodzakelijk voor de verduurzaming van de Nederlandse economie.

Waterstof is in verschillende sectoren een onmisbaar onderdeel van de verduurzamingsstrategieën voor de toekomst. In de industrie is al veel vraag naar en ervaring met waterstof. Deze wordt echter nu nog vooral geproduceerd uit fossiele bronnen. De ambitie is om deze waterstof te vervangen door hernieuwbare of koolstofarme waterstof. In industriële clusters waar weinig alternatieven voor verduurzaming zijn, kan dit uitkomst bieden. Op het gebied van mobiliteit is waterstof cruciaal om de CO₂-uitstoot op nul te krijgen. Ook op regionaal niveau zijn er kansen voor waterstof: steden, regio's en provincies zien mogelijkheden voor de productie en het gebruik van waterstof in de industrie, het vervoer, de agrarische sector en de gebouwde omgeving. Momenteel wordt er echter bijna geen hernieuwbare waterstof geproduceerd. Een aanzienlijke schaalvergroting van de productie van hernieuwbare en koolstofarme waterstof is dus nodig.

1.1 Definities

Deze Routekaart gebruikt de volgende definities, die aansluiten op Europese terminologie. De kleurenaanduidingen voor waterstof (groen, blauw, grijs, et cetera) worden in deze Routekaart niet gebruikt.

- **Hernieuwbare waterstof:** waterstof die voldoet aan de eisen uit de EU-richtlijn voor hernieuwbare energie (RED).
Deze eisen zijn nog onderwerp van Europese politieke besluitvorming: de Europese Commissie werkt aan eisen in zogeheten gedelegeerde handelingen (zie hoofdstuk beleidskader), terwijl het Europees Parlement bij de lopende herziening van de RED recent een voorstel heeft ingediend om andere eisen direct in de richtlijn op te nemen.
- **Koolstofarme waterstof:** waterstof waarvan het energiegehalte afkomstig is uit niet-hernieuwbare bronnen. Na toepassing voldoet deze waterstof aan een minimumdrempel voor broeikasgasemissiereductie van 70%.
Ook deze eisen zijn nog onderwerp van Europese politieke besluitvorming in het kader van het decarbonisatiepakket (zie hoofdstuk Beleidskader).
- **Renewable fuels of non-biological origin (RFNBO):** vloeibare en gasvormige brandstoffen waarvan de energie-inhoud afkomstig is van hernieuwbare bronnen anders dan biomassa.
- **Waterstofkwaliteit:** dat is de zuiverheid van de waterstof en de verontreinigende stoffen in waterstof in overeenstemming met de toepasselijke normen inzake waterstofkwaliteit voor het waterstofsysteem.

1.2 Aanleiding Routekaart Waterstof

In het Klimaatakkoord¹ uit 2019 is de ambitie vastgelegd om in 2025 500 megawatt (MW) elektrolysecapaciteit te realiseren en vervolgens 3 tot 4 gigawatt (GW) in 2030. Daarnaast hadden en hebben diverse sectoren ambities en doelen voor toepassingen van waterstof. Daarom besloten verschillende Nederlandse partijen om te komen tot een programma dat zich richt op:

- het ontsluiten van het aanbod van hernieuwbare waterstof;
- het ontwikkelen van een waterstofinfrastructuur;
- samenwerking met diverse sectorprogramma's;
- het faciliteren van lopende waterstofinitiatieven en -projecten;
- het bevorderen van de synergie tussen de infrastructuur en het gebruik van waterstof.

Op basis hiervan is in februari 2022 het Nationaal Waterstof Programma (NWP)² opgericht. Dit is een publiek-private samenwerking voor het gezamenlijk realiseren van de ambities en afspraken op het gebied van waterstof. Het NWP zet zich voor dit doel in door te verbinden, faciliteren, versnellen en te monitoren. Het programma kan beschouwd worden als een paraplu waaronder alle ontwikkelingen rond waterstof worden gemonitord en – waar nodig – met elkaar worden verbonden. Toch is het NWP geen besluitvormende organisatie. Daadwerkelijke besluitvorming vindt plaats binnen de reguliere beleidstrajecten.

Een cross-sectorale werkgroep waterstof schreef en stelde een werkplan³ op met daarin de aanbeveling om gezamenlijk te werken aan een Routekaart waterstof. Deze Routekaart moet

¹ Zie bronnenlijst

² Zie bronnenlijst

³ Zie bronnenlijst

zich richten op de ambities uit het Klimaatakkoord, waarin het uitrollen van productie, import, infrastructuur, toepassingen en alle benodigde randvoorwaarden aan elkaar verbonden worden.

1.3 Noodzaak en kansen ontwikkeling Nederlandse waterstofmarkt

Sinds het afsluiten van het Klimaatakkoord en het opstellen van dit werkplan is de wereld sterk veranderd. Door achterlopende klimaatactie op wereldniveau klinkt de oproep om de ambities te verhogen en het beleid aan te scherpen. Met de lancering van het Fit-for-55-pakket in juli 2021, streeft de Europese Commissie naar het omlaag krijgen van de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met 55%. Onderdeel van dit pakket is een herziening van de Renewable Energy Directive (RED), inclusief een voorstel voor bindende doelen voor het gebruik van hernieuwbare waterstof in de industrie en in de transportsector in 2030. De Russische invasie in Oekraïne heeft de voorzieningszekerheid van energie op de proef gesteld en benadrukt de noodzaak voor versnelde verduurzaming. Het REPowerEU-plan uit mei 2022 pleit ervoor om de afhankelijkheid van Russische fossiele brandstoffen te verlagen. Ook bevat het doelen voor grootschalige productie en import van hernieuwbare waterstof.

Veel landen lanceren strategieën voor het opschalen van zowel de productie als import van hernieuwbare waterstof, inclusief bijbehorend beleid en instrumentarium. Voor Nederland zijn met name de ontwikkeling van een Noordwest-Europese waterstofmarkt en het beleid in Duitsland en België van groot belang. In de Klimaatwet is vastgelegd dat Nederland 49% minder broeikasgassen mag uitstoten in 2030. In het coalitieakkoord⁴ van januari 2022 is het Nederlandse doel voor 2030 aangescherpt tot ongeveer 60% CO₂-reductie. Ook is in het coalitieakkoord een klimaat- en transitiefonds van €35 miljard aangekondigd. Koolstofarme waterstof en hernieuwbare waterstof zijn nodig voor het halen van de klimaatdoelen. Hiernaast helpt hernieuwbare waterstof bij het verminderen van onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen.

Nederland heeft een uitstekende uitgangspositie voor de succesvolle ontwikkeling en opschaling van de waterstofmarkt. De ambitie voor windenergie op zee is in maart 2022 verdubbeld naar een capaciteit van ongeveer 21 GW rond 2030. In een aanvullende Routekaart windenergie op zee 2030 (zie bijlage wind op zee) is het uitrolschema hiervoor vastgelegd. Om ervoor te zorgen dat de geplande windparken bijdragen aan de verduurzaming van de Nederlandse samenleving en om congestie in het elektriciteitsnet te voorkomen, moet er voldoende (flexibele) vraag naar elektriciteit ontstaan in de buurt van aanlanding van windenergie, of op zee. Eén van de oplossingen is waterstofproductie door middel van elektrolyzers, in combinatie met het ondergronds opslaan van de geproduceerde waterstof. In september 2022 maakte het kabinet een ambitie van 50 GW aan windenergie op zee in 2040 en 70 GW in 2050 bekend, inclusief grootschalige waterstofproductie op de Noordzee.

Waterstof biedt ook kansen voor de Nederlandse havens. Met name voor de haven van Rotterdam, die daarmee de huidige functie als hub voor internationale energiestromen kan behouden. Naar verwachting wordt waterstof in de toekomst wereldwijd op grote schaal verhandeld. De verwachting is dat bij de industrie in Noordwest-Europa een grote vraag naar waterstof ontstaat. Nederland kan met de bestaande haveninfrastructuur een belangrijke rol spelen bij het voorzien in die behoefte. Verder kent Nederland een uitgebreid gasnetwerk, een aantal gasopslagen, een aantal zoutcavernes – opslagplaatsen in ondergrondse zoutlagen – en uitgeputte gasvelden. Deze kunnen voor een deel worden ingezet voor het transport, de opslag en de distributie van waterstof. Er is al gestart met het inrichten van een transportnetwerk waar grote industrieclusters op worden aangesloten.

4 Zie bronnenlijst

De Nederlandse economie kent een groot aandeel energie-intensieve industrieën met een grote actuele vraag naar waterstof, met name in de raffinage. De opschaling van hernieuwbare en koolstofarme waterstof kan zorgen voor de verduurzaming van de industrie en het behoud van het gunstige industriële vestigingsklimaat. Ook biedt de ontwikkeling van waterstofketens in Nederland kansen voor Nederlandse bedrijven, met name vooral in de maakindustrie, en kennisinstellingen die op basis van hun kennis en kunde belangrijke spelers kunnen worden in de ontwikkeling van regionale en internationale waterstofketens. Uit de Cluster Energie Strategieën blijken grote ambities van de industrie op het gebied van waterstof. En uit het overzicht van TKI Nieuw Gas van juni 2022 blijkt dat er veel waterstofprojecten in de pijplijn zitten.⁵

1.4 Doel van de Routekaart

Nederland staat aan de vooravond van het zetten van grote stappen in de opschaling van de productie, import en transport van waterstof en het gebruik van waterstof in verschillende sectoren. Dit alles met het oog op een grootschalige toekomstige waterstofmarkt. Hiervoor moet de hele waardeketen tegelijkertijd ontwikkeld worden, moet gezamenlijk een snelle leercurve worden doorlopen en moeten aan alle randvoorwaarden worden voldaan. Deze Routekaart Waterstof doet hiervoor een aanzet en bevat, naast een overzicht van de huidige stand van zaken, de vergezichten voor de periode na 2030 en concretere voorgestelde doelen en acties in de periodes 2022-2025 en 2025-2030. De Routekaart bevat 13 thema's die niet alleen de gehele waterstofketen in Nederland beslaan, maar ook inzicht geven in de internationale context en bovendien ingaan op de benodigde randvoorwaarden. Elk hoofdstuk is geschreven door een themagroep, bestaande uit experts van de voor het thema relevante organisaties.

Consistent en stimulerend overheidsbeleid is een belangrijke voorwaarde voor de daadwerkelijke opschaling en kostenreductie van hernieuwbare en koolstofarme waterstof. Deze Routekaart probeert een voorzet te geven voor een beleidsprogramma met instrumenten voor de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt. Daarnaast vormt deze Routekaart de inbreng van het NWP bij het opstellen van het Nationaal Programma Energiesysteem, dat zich buigt over de vraag hoe het Nederlandse energiesysteem er bij klimaatneutraliteit in 2050 uit moet zien. In de contouren van het Nationaal Plan Energiesysteem⁶ wordt waterstof als een belangrijke bouwsteen van dit toekomstige systeem gezien en wordt de uitwerking van strategische overwegingen op het gebied van voorzienings- en leveringszekerheid aangekondigd.

1.5 Onzekerheden en uitdagingen

Op het moment van publicatie, is deze Routekaart Waterstof alweer verouderd. De ontwikkelingen op het gebied van waterstof in Nederland gaan op dit moment zó snel, dat het maken van een Routekaart op basis van de laatste inzichten een grote uitdaging is. Ook wordt de vraag naar waterstof grotendeels bepaald door Europese besluitvorming over de herziening van de richtlijn hernieuwbare energie. Daarvoor lopen – op het moment van schrijven – nog onderhandelingen. In de herziene richtlijn worden doelen gesteld voor het gebruik van hernieuwbare waterstof in de industrie en transportsector. Daarnaast heeft waterstof veel raakvlakken met andere grote thema's in het klimaatdebat, waaronder de ontwikkeling van hernieuwbare energie, de inzet van biomassa, energie-efficiëntie, mogelijkheden voor elektrificatie, de wenselijkheid en mogelijkheden van Carbon Capture & Storage (CCS), gebruik en aanleg van infrastructuur en de noodzaak voor systeemflexibiliteit en opslag. De ontwikkeling van een waterstofmarkt is daarmee afhankelijk van de ontwikkeling van alternatieve verduurzamingsopties.

⁵ Zie bronnenlijst

⁶ Zie bronnenlijst

Omdat zowel de opschaling van hernieuwbare elektriciteit (er staat nu bijvoorbeeld rond de 3 GW aan wind op zee) als die van hernieuwbare waterstof (er staat nu rond de 3 MW) vooral de komende jaren zal moeten plaatsvinden, dreigt schaarste op zowel de markt voor grondstoffen als op de arbeidsmarkt. Dit biedt tegelijkertijd kansen voor Nederland om in een mondiale groeiemarkt een deel van de *supply chain* te lokaliseren. Relevant voor opschaling van hernieuwbare waterstof is ook een tijdige netaansluiting, de beschikbaarheid van gedemineraliseerd water en het voldoen aan de grenzen die worden gesteld aan stikstofdepositie. De beschreven ambities en verwachtingen over vraag en aanbod moeten dus worden gezien in het licht van onzekerheid over Europese besluitvorming, de ontwikkeling van alternatieven, prijsontwikkelingen en andere randvoorwaarden.

1.6 Monitoring van voortgang

Om goed zicht te kunnen hebben en houden op de voortgang bij het behalen van de gestelde doelen, is een monitoringsysteem gemaakt. Naast het houden van overzicht is het doel van het monitoringsysteem om belanghebbenden en geïnteresseerde partijen te informeren over de ontwikkelingen en resultaten die zijn geboekt. Ook geeft de monitoring de themagroepen de mogelijkheid om, waar nodig, de doelen en/of acties bij te sturen. Elke NWP-themagroep heeft per termijn (2022-2025, 2025-2030, na 2030) doelen voor zichzelf gesteld. Hier zijn bovendien per periode acties voor geformuleerd.

Er is dus nagedacht over wat er moet gebeuren en wie dat binnen iedere themagroep moet doen. Deze doelen en acties zijn de basis van het monitoringssysteem. De themagroepen komen periodiek bij elkaar om de stand van zaken van de verschillende acties te bespreken.

De data die voortkomen uit deze besprekingen worden verzameld en ingevoerd in een monitoringstool. Deze informatie en de conclusies die hieruit zijn te trekken, worden voor alle thema's samen in een rapport gepubliceerd en op de NWP-site gezet. De data uit de monitoringstool worden ook aangeleverd als input voor het hoofdstuk Waterstof van de jaarlijkse Klimaatmonitor⁷.

⁷ Zie bronnenlijst

Deel II:

Routekaart Waterstof

2

Thema Productie

- Het Rijk moet beleid voorbereiden voor de binnenlandse productie van 80 petajoule (PJ) aan hernieuwbare waterstof in 2030 om er zeker van te zijn dat Nederland de Europese klimaatdoelen kan halen.
- Als die waterstofproductie niet ten koste mag gaan van directe elektrificatie en verduurzaming van bestaand elektriciteitsgebruik, dan moet de productie of import van CO₂-vrije elektriciteit omhoog.
- Offshore elektrolyse biedt een mogelijke uitkomst om in 2030 al meer hernieuwbare waterstof uit offshore wind te produceren dan alleen met elektrolyse op land.
- Productie van koolstofarme waterstof uit aardgas en industriële restgassen is in 2030 nodig om de CO₂-emissiedoelen van de industrie te kunnen halen en daarbij voldoende en stabiel aanbod van waterstof voor industriële toepassingen te kunnen continueren.
- Andere kansrijke productiemethoden, zoals vergassing van restafval, pyrolyse en thermolyse, moeten de komende jaren de kans krijgen om zich te bewijzen.

2.1 Beschrijving thema Productie

Het thema Waterstofproductie staat symbool voor de 'verbouwing' waar de energietransitie om vraagt. Dit thema gaat niet alleen over een overstap van fossiele op duurzame bronnen. Maar ook over de introductie van nieuwe technologieën, de aanleg van een nieuwe infrastructuur, de opkomst van nieuwe afnemers en een mogelijke systeemfunctie voor productie-installaties. De hele gevestigde productieketen moet dus op de schop. Nederland produceert immers al een flinke hoeveelheid fossiele waterstof per jaar voor industriële toepassingen.⁸ Deze waterstofproductie vraagt ongeveer 10% van het Nederlandse aardgasgebruik en veroorzaakt ongeveer 4% van de Nederlandse CO₂-uitstoot. Met het verduurzamen van de bestaande waterstofproductie slaan we dus 2 vliegen in één klap: minder CO₂-uitstoot en minder afhankelijkheid van aardgas.

Er zijn meerdere manieren om waterstof te produceren. De duurzaamheid van de geproduceerde waterstof is afhankelijk van de gebruikte energiebronnen en technologieën. In een klimaatneutraal Nederland past alleen waterstofproductie uit CO₂-vrije energiebronnen: waterstof uit hernieuwbare elektriciteit via elektrolyse, waterstof uit (biogene) industriële restgassen, waterstof uit kernenergie en waterstof uit biomassa en afval. Zolang dat nodig is blijft conventionele waterstofproductie uit aardgas, met afvang van CO₂, een rol spelen in de transitie naar bovengenoemde productiemethoden.

De themagroep Waterstofproductie schetst een visie op waterstofproductie vlak na 2030. Deze visie bevat concrete doelen voor 2030 en de daarvoor benodigde acties en randvoorwaarden in de komende jaren. Nederland heeft momenteel alleen een doelstelling voor opschaling van elektrolyse (uit het Klimaatakkoord), namelijk 500 megawatt (MW) in 2025 en 3-4 gigawatt (GW) in 2030. Hoewel er op dit moment slechts 3 MW elektrolysecapaciteit operationeel is⁹, klinkt er een steeds luider roep om deze doelstelling verder te verhogen.¹⁰ Voor andere productiemethoden bestaan momenteel geen doelen, anders dan hun bijdrage aan de Nederlandse CO₂-reductiedoelen voor 2030 en daarna.

Het efficiënt opschalen van hernieuwbare en koolstofarme waterstofproductie vereist het verder volwassen worden van productietechnologieën, een goede marktwerking en de beschikbaarheid van energiebronnen. Daar komen verschillende randvoorwaarden bij kijken. Het uitrollen van offshore windparken en andere bronnen moet goed voorspelbaar zijn. En het beleid ter ondersteuning van waterstofproductie moet goed aansluiten op de ontwikkeling van nieuwe wind- en zonneparken. De elektrolysefabrikanten moeten voldoende capaciteit hebben om elektrolyzers te produceren. Toegang tot openbare infrastructuur voor elektriciteit en waterstof moet op aanvraag beschikbaar zijn. De relevante eisen voor waterstofproductie moeten duidelijk zijn, bijvoorbeeld voor vergunningen of ondersteuning door de overheid. En de vergunningen moeten worden verleend. Tot slot moet de markt, na initiële steun, zelf volwassen worden. Dat vraagt om de ontwikkeling van handelsplatforms, certificering van waterstof, vraagstimulering en standaardisatie van de benodigde gegevens en bijvoorbeeld berekeningsmethoden voor CO₂-intensiteit.

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofproductie. De doelen en acties staan in 3 fases: de korte (2022-2025), de middellange (2025-2030) en de lange termijn (na 2030). Een toelichting op de randvoorwaarden staat aan het eind van het hoofdstuk.

2.2 Detail-routekaart Productie

In 2030 ziet de samenstelling van de Nederlandse waterstofproductie er fundamenteel anders uit. Met name hernieuwbare waterstof krijgt een substantieel grotere rol. Als onderdeel van het

8 Dit is ongeveer 10 miljard m³ (110 petajoule, PJ) aan productie uit aardgas en ongeveer 60 miljard m³ uit industriële restgassen

9 Er is wel een grotere elektrolysecapaciteit voor productie van chloor/natronloog, van ongeveer 200 MW

10 Zie bijvoorbeeld het actieplan van regeringspartijen VVD en D66 (zie bronnenlijst) en het recente rapport van het Uitvoeringsoverleg Elektriciteit (zie bronnenlijst))

Europese Fit-for-55-pakket lopen momenteel onderhandelingen over bindende doelen voor gebruik van hernieuwbare waterstof in de industrie en transport.¹¹ Op basis van de conceptteksten vragen deze doelen in Nederland om ongeveer 60 tot 100 PJ uit binnenlandse productie of import.¹² De Europese plannen uit het REPowerEU-pakket voorzien een verdrievoudiging¹³ van de benodigde hernieuwbare waterstof uit het Fit-for-55-pakket. Maar de kans lijkt klein dat dit zich vertaalt in nóg hogere bindende doelen. Hierbij blijft een hogere vraag uit buurlanden buiten beschouwing, al kan deze ook leiden tot een grotere behoefte aan waterstofproductie binnen Nederland. Omdat door herziening van het EU-ETS¹⁴ de Europese industrie en energiesector in 2040 een CO₂-uitstoot van nul moeten hebben, zal de vraag naar hernieuwbare waterstof na 2030 nog een stuk toenemen in Europa en Nederland.

Ook zonder bindende Europese doelen is het wenselijk de waterstofambities uit het Klimaat-akkoord te verhogen. Binnenlandse elektrolysecapaciteit is wenselijk om verschillende redenen. Allereerst is het voor het vestigingsklimaat en de leveringszekerheid nodig om een zekere capaciteit te hebben voor periodes van schaarste of onrust op de mondiale markt. Ook is elektrolyse een goede manier om, op momenten van hoge productie van hernieuwbare elektriciteit, overschotten om te zetten in waterstof. Daarmee wordt flexibiliteit aan de afnamekant verhoogd. Daarnaast zal elektrolyse een belangrijke rol spelen in het realiseren van de opgehoogde klimaatdoelen van het kabinet (60% CO₂-reductie in 2030), nu er beperkte capaciteit is op het elektriciteitsnet. Zo vraagt de verdubbeling van de offshore wind-ambities rond 2030 om elektrolyse nabij aanlandingspunten bij industriële clusters. Daar bevindt zich immers de groeiende vraag naar zowel elektronen als moleculen en dus de potentie om bestaande fossiele waterstofproductie te vervangen door hernieuwbare waterstof.

De sector roept het kabinet op om voor 2030 een doel voor productie van hernieuwbare waterstof vast te stellen van ten minste 80 PJ¹⁵, in combinatie met het daarvoor benodigde ondersteunende beleid. De hoogte van dit doel is in lijn met de verwachte Europese doelen, de klimaatambities van het kabinet en de gewenste leveringszekerheid, zoals geschetst in de Kamerbrief 'Contouren van een Nationaal Plan Energiesysteem'.¹⁶ Vanwege beperkingen in de productieketen, binnenlandse installatiecapaciteit en vergunningsprocedures moet deze opschaling richting 2030 vroeg beginnen. Hiervoor is het cruciaal dat de uitrol van infrastructuur en offshore windparken volgens plan verloopt.

Waterstofproductie uit verschillende bronnen richting 2030

Op dit moment vindt waterstofproductie nog vooral plaats op basis van aardgas, met een SMR (*steam methane reformer*) of een ATR (*autothermal reformer*). Al dan niet met afvang en opslag van de ontstane CO₂. Het beleid is erop gericht om hernieuwbare waterstofproductie (uit elektrolyse) te ontwikkelen en op te schalen. Waterstof kan echter op vele manieren geproduceerd worden, zoals hierna wordt toegelicht. Uiteindelijk gaan we toe naar een waterstofmarkt waarin verschillende productiemethoden een plek zullen krijgen, afhankelijk van de eigenschappen van deze productiemethoden. (Zoals de stand van de techniek, de kostprijs, de *carbon footprint*, de beschikbaarheid van benodigde grondstoffen en land, de inpasbaarheid wat betreft benodigde infrastructuur en de meerwaarde voor het energiesysteem). Ook het maatschappelijke draagvlak voor bepaalde productiemethoden kan hierbij een rol spelen. (Denk aan waterstofproductie uit nucleaire energie.) Omdat die eigenschappen en het maatschappelijk draagvlak in de loop van de tijd veranderen, zullen ook de aandelen van de verschillende waterstofproductiemethoden in de loop van de tijd veranderen. Maar zeker is dat op de internationale waterstofmarkt ook koolstofarme waterstof nog decennia verhandeld zal worden.

11 Voor de industrie 35 tot 50% van het totale waterstofgebruik (exclusief voor productie van brandstoffen) en voor de transportsector 2,2 tot 5% van het totale brandstoffengebruik (inclusief lucht- en scheepvaartbunkers)

12 Zie tabel 9.1 in het hoofdstuk Beleidskader voor nadere toelichting

13 Figure 4 in Commission Staff Working document 'Implementing the RepowerEU action plan: Investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets (zie bronnenlijst)

14 Zie bronnenlijst

15 Dit vraagt om circa 6 tot 8 GW aan elektrolysecapaciteit, bij 4400-5000 vollasturen en 60% efficiëntie

16 Zie bronnenlijst

Ontwikkeling Nederlandse elektrolysecapaciteit

In een aantal jaar zal moeten worden opgeschaald van de huidige 3 MW aan elektrolysecapaciteit naar ongeveer 6 GW aan elektrolysecapaciteit (uitgaande van 80 PJ aan waterstofproductie, 6000 vollasturen en 60% omzettingsrendement). Dit is een enorme opschaling die alleen mogelijk is met een programmatische aanpak en een helder groeipad.

Er zijn meerdere redenen om te kiezen voor een lineaire groei van de elektrolysecapaciteit, met ook op korte termijn al grotere projecten:

1. Door vroeg te beginnen met grotere projecten, maximaliseren we leereffecten en innovaties richting 2030.
2. Door de beperkte capaciteit bij elektrolysefabrikanten, is vroeg bestellen van installaties nodig om het risico op vertraagde levering te beperken en de benodigde investeringen in uitbreiding van hun capaciteit te ondersteunen.
3. Met een lineaire groei kunnen de betrokken partijen (vergunningverleners, installateurs, netbeheerders, etc.) hun kennis en capaciteit voldoende uitbouwen.

Het is om al deze redenen simpelweg riskant om ervan uit te gaan dat in Nederland een bouwtempo bereikt kan worden van meerdere GW per jaar voor 2030, zeker zonder duidelijke overheidssturing op de ontwikkeling van de binnenlandse elektrolysecapaciteit. Dat betekent dat het verstandig is om een groter deel van de capaciteit al eerder te realiseren.

Daarnaast zal de ontwikkeling van de elektrolysecapaciteit ook moeten aansluiten op het uitrollen van de benodigde wind- en zonneparken. Dat stelt waterstofproducenten logischerwijs beter in staat om contracten met energiebronnen te sluiten. Ook kan dat nodig zijn om te voldoen aan de additionaliteitseisen van de Europese Commissie (waardoor waterstofproducenten onder meer hun project uiterlijk 3 jaar na de gecontracteerde energiebron zouden moeten realiseren). Tabel 2.1 toont, gelet op de bovenstaande randvoorwaarden, een indicatieve ontwikkeling van de binnenlandse elektrolysecapaciteit, ter inspiratie gekoppeld aan toekomstige offshore windparken.

Tabel 2.1 **Indicatieve ontwikkeling binnenlandse elektrolysecapaciteit.**

Jaar	Tenders ¹	Realisatie	Volume H ₂ ²	Elektrolyse-capaciteit ³	Indicatieve koppeling ⁴
2022	Staand beleid ⁵	2025	10	0,8	
2023	6x 100 MW	2026	17	1,4	Hollandse Kust V-VII (2,16 GW)
2024	2x 250 MW	2027	25	1,9	Hollandse Kust V-VII (2,16 GW)
2025	2x 500 MW	2028	35	2,6	IJmuiden Ver III + IV (2 GW)
2026	3x 500 MW	2029	55	4,1	IJmuiden Ver I + II + V + VI (4 GW)
2027	4x 500 MW	2030	80	6,0	IJmuiden Ver I + II + V + VI, Nederwiek I + II (4 + 4 GW)
2028	4x 500 MW	2031	110	8,3	Diverse windparken (cumulatief 16 GW)

¹ Insteek tenders moet aansluiten bij projecten in de markt: budget kan ook (deels) beschikbaar komen voor kleinere of grotere projecten.

² Totale jaarlijkse productie in PJ, uitgaande van 6000 vollasturen en 60% omzettingsrendement.

³ Cumulatief geïnstalleerde elektrolysecapaciteit in GW; bij 3000 vollasturen is de dubbele capaciteit nodig.

⁴ Indicatieve koppeling wil zeggen dat het logisch is als waterstofproductie voor het grootste deel met elektriciteit uit deze windparken gebeurt, met de kanttekening dat het economisch zinniger lijkt om een combinatie van verschillende bronnen te contracteren.

⁵ Prognose op basis van budgetten van IPCEI, opschalingsinstrument en SDE++, en ondersteuning van hernieuwbare waterstof in de raffinage.

Om tot 6000 vollasturen te komen, is een combinatie van bronnen nodig (naast wind ook zon, wellicht ook elektriciteit uit omgebouwde gascentrales). Het realiseren van offshore windparken zal zeer belangrijk zijn voor de ontwikkeling van elektrolysecapaciteit. Ook omdat de additionele offshore windcapaciteit alleen mogelijk is met voldoende elektriciteitsvraag nabij aanlandingspunten. Om die reden is coördinatie van beide ontwikkelingen wenselijk. Tegelijkertijd geldt dat de totale wind-op-zee-opgave uit het Klimaatakkoord voor 2030 (11,5 GW) slechts voldoende was om de huidige vraag naar elektriciteit te verduurzamen. En dat de aanvullend geplande 6 GW offshore wind in 2030 bij lange na niet genoeg is om de beoogde 80 PJ waterstof te produceren. Andere sectoren vragen bovendien ook om forse aanvullende hoeveelheden hernieuwbare elektriciteit en concurreren op dezelfde markt. Het beoogde uitrollen van waterstof is dus afhankelijk van een flinke extra groei in de productie van hernieuwbare elektriciteit, grofweg in lijn met de groei van 120 naar 206 terrawattuur (TWh) in de Klimaatakkoord-studie 'Alles uit de kast'. Tabel 2.2 toont dat het doel voor de binnenlandse productie van hernieuwbare waterstof in 2030 al de helft zou vragen van de elektriciteit die door de geplande offshore windparken kan worden geproduceerd (37 van 75 TWh). Een verdere uitbreiding van de productie van hernieuwbare elektriciteit lijkt daarom wenselijk, tenzij het mogelijk is om meer hernieuwbare waterstof of elektriciteit te importeren dan verwacht. Of substantiële hoeveelheden waterstof offshore te produceren, gekoppeld aan extra offshore windparken.

Tabel 2.2. **Elektriciteitsgebruik voor waterstofproductie versus geplande offshore windparken.**

	GW	TWh	PJ
Offshore windcapaciteit in 2030 uit Klimaatakkoord	11,5	49	178
Offshore windcapaciteit in 2030 uit Regeerakkoord Rutte IV	6	26	93
Beoogde waterstofproductie met elektrolyse			80
Daarvoor benodigde hernieuwbare elektriciteit		37	133

Offshore waterstof

De doelstelling van 80 PJ gaat uit van elektrolyse op land. Maar het kan ook nodig zijn om al in 2030 offshore elektrolyse te realiseren, gekoppeld aan offshore wind- en zonneparken, in aanvulling op de reeds aangekondigde capaciteit. Bijvoorbeeld omdat de Europese verplichtingen hoger uitvallen dan nu voorzien. Of om te compenseren voor tegenvallende import van waterstof. Maar ook om meer ruimte te bieden voor directe elektrificatie. De beoogde 80 PJ aan waterstofproductie laat bij de geplande productie van hernieuwbare elektriciteit weinig ruimte voor een andere, nieuwe elektriciteitsvraag.¹⁷

De grootschalige, hubsgewijze realisatie van offshore waterstofproductie zal na 2030 plaatsvinden. Op lange termijn heeft offshore elektrolyse immers 2 belangrijke voordelen: het is goedkoper om energie over lange afstanden te transporteren in de vorm van waterstof en het scheelt heel veel ruimte op en nabij land (voor zowel infrastructuur als waterstofproductie). Voor 2023 moeten echter belangrijke stappen worden gezet om rond 2030 de benodigde techniek beschikbaar te hebben en bij te dragen aan de gestelde klimaatdoelen. Dit betekent bijvoorbeeld dat in 2030 elektrolyzers (zowel in de turbine als gecentraliseerd op een platform) geschikt moeten zijn voor grootschalige offshore toepassing.

¹⁷ 80 PJ waterstofproductie vraagt ongeveer 30 TWh aan elektriciteit - dat legt beslag op een serieus deel van de voorziene hernieuwbare elektriciteit in 2030 (165 TWh), terwijl het verwachte elektriciteitsgebruik voor bestaande toepassingen al 110 TWh bedraagt (recent rapport van het Uitvoeringsoverleg Elektriciteit, zie bronnenlijst)

Om hiertoe te komen is het wenselijk dat op korte termijn duidelijkheid ontstaat over demonstratie en opschaling voor waterstof op zee. Ook moet de samenhang van activiteiten worden geborgd. Hierbij zijn de volgende zaken van belang:

- Het vaststellen van een concreet doel voor offshore waterstofproductie in 2030;
- Een concreet innovatie- en opschalingspad voor zowel elektrolyse in windturbines als elektrolyse op een platform (bijvoorbeeld als onderdeel van een van de voorziene windtenders en/of een innovatiekavel) en de start van een ruimtelijke verkenning voor deze windgebieden;
- Duidelijkheid over het benodigde instrumentarium en de wijze van tenderen;
- Onderzoek naar de vormgeving van een publiek waterstofnet op zee, de benoeming van een beheerder van dit waterstofnet op zee (HNO) en duidelijkheid over de relevante wet- en regelgeving.

Opschalingsbeleid

De noodzaak voor een voorspelbare groei van de elektrolysecapaciteit staat niet los van het benodigde ondersteunend beleid. Gezien de (on)volwassenheid van de markt en de zekerheid die voor die snelle groei nodig is, ligt een subsidie-instrument de komende jaren voor de hand. De ambitie is om in de periode na 2030 over te stappen op combinaties van normeren en beprijzen. De waterstofmarkt zou dan meer volwassen moeten zijn. Om elektrolyseprojecten de juiste systeemprikkels te geven, is het ook nodig om de inrichting van relevante belastingen en nettarieven te herzien. Elektrolyzers kunnen alleen hun functie vervullen voor energieopslag en verlichting van congestie op elektriciteitsnetten bieden als belastingen en nettarieven daarvoor de juiste prikkels geven.

Ook andere productiemethoden zijn nodig voor de verduurzaming van onze waterstofproductie. Zo heeft de sector stevige ambities voor het produceren van waterstof uit industriële restgassen met afvang van CO₂ en op basis van restafval. Moeilijker te voorspellen is de rol van productiemethoden als pyrolyse, thermolyse, vergassing van plastics en waterstof als bijproduct bij chloorproductie in de toekomstige waterstofproductie.

Rol bestaande waterstofproductiecapaciteit

Het doel om hernieuwbare waterstofproductie te ontwikkelen en op te schalen betekent niet dat de bestaande SMR- en ATR-productiecapaciteit overbodig is geworden. Een belangrijke reden is, dat het jaren zal duren voordat voldoende hernieuwbare productiecapaciteit is opgebouwd om de huidige conventionele waterstofproductiecapaciteit te vervangen. Daar komt bij dat de waterstofbehoefte naar verwachting gaat toenemen door tal van nieuwe toepassingen (onder meer in mobiliteit). Bovendien geldt in het geval van SMR's dat deze, behalve waterstof, ook koolmonoxide kunnen produceren. Koolmonoxide is nodig voor tal van industriële toepassingen. Zo lang dit het geval is kan er behoefte blijven aan SMR's.

Verder kunnen SMR's en ATR's een rol spelen in het stabiliseren van de waterstofproductie doordat deze (binnen bepaalde bandbreedten) op- en afgeregeld kunnen worden. De grootte van deze rol wordt verder onderzocht binnen het thema infrastructuur & opslag. Als het niet waait en/of de zon niet schijnt, kunnen SMR's en ATR's de rol van elektrolyzers overnemen voor waterstofafnemers die een constant afnameprofiel vereisen. Bijvoorbeeld binnen de industrie. Dit geldt in ieder geval zolang er nog onvoldoende waterstofinfrastructuur (transport en opslag) beschikbaar is, of andere bronnen van flexibiliteit zoals import. Als die opslag in de windstille periodes, dus met een tekort aan hernieuwbare waterstof, onvoldoende is, kan door de flexibele inzet van SMR's en ATR's (met CCS om de CO₂-uitstoot laag te houden) de leveringszekerheid voor de gebruikers toch voldoende worden gegarandeerd. Door deze combinatie is een continue voorziening mogelijk, met voorzieningszekerheid en een hoog aandeel hernieuwbare waterstof, in overeenstemming met de Europese doelen. En een zeer lage totale CO₂-uitstoot, die in de toekomst zelfs naar nul (of zelfs negatief) teruggebracht kan worden, door bijvoorbeeld biogas, restgassen en hergebruikte gassen toe te passen in de SMR's en ATR's.

Waterstof uit restafval

In een economie die in toenemende mate circulair wordt, liggen kansen om waterstof te produceren op basis van afval dat niet gerecycled kan worden. Via deze technologieroute kan afval worden omgezet naar waterstof en CO₂, of direct naar waardevolle grond- of brandstoffen zoals methanol, ammoniak en andere synthetische brandstoffen. Verschillende projecten richten zich momenteel op het grootschalig toepassen van deze bestaande technologie: Enkchem/Shell in Rotterdam, en Gidara en Chemelot in Amsterdam. Zo wordt op Chemelot het project FUREC ontwikkeld, dat vanaf 2027 huishoudelijk afval omzet naar 50 kiloton (kton) waterstof (7 PJ) met een CO₂-reductie van 0,7 megaton (Mton) per jaar. Omdat dit ongeveer 10% van het totale Nederlandse aanbod aan huishoudelijk afval betreft, is er duidelijk groeipotentieel.

Waterstof uit restgassen

Bij industriële productieprocessen, zoals bij raffinaderijen en krakers, ontstaan regelmatig restgassen. Deze restgassen zijn nu vaak afkomstig uit fossiele energiedragers, zoals olie en aardgas. In de toekomst zullen biogene energiedragers deze rol overnemen. Het verduurzamen van deze restgassen kan dan plaatsvinden door ze om te zetten naar koolstofarme waterstof in een *reformer*. Daarbij kan de CO₂ worden afgevangen en ondergronds opgeslagen (via CCS). De geproduceerde koolstofarme waterstof uit restgassen kan vervolgens nuttig ingezet worden in allerlei industriële processen. Projecten met deze opzet zijn het H-Vision-project in Rotterdam en een project van Dow in het Zeeuwse industriecluster. Zo heeft het H-vision-project als doel om met de bouw van 2 waterstoffabrieken 1,5 GW aan koolstofarme waterstof te produceren. Daarmee kan vanaf 2027 de jaarlijkse CO₂-uitstoot met 1,3 miljoen ton en vanaf 2032 met 2,7 miljoen ton verminderd worden. Een vergelijkbaar project in het Zeeuwse industriecluster levert vanaf 2026 een jaarlijkse uitstootvermindering van 1,4 miljoen ton CO₂ op. Samen zijn deze projecten goed voor een kwart van de doelstelling voor het verminderen van de industriële CO₂-uitstoot.

2.3 Fase 2022-2025

De beginfase van de grootschalige toepassing van hernieuwbare waterstof wordt gekenmerkt door grote onzekerheid over zowel economische als technologische aspecten van de productie, import en het gebruik van hernieuwbare en koolstofarme waterstof. Zo is nog niet duidelijk of elektrolyzers versneld degraderen bij flexibele waterstofproductie (meebewegend met hernieuwbare bronnen) en tegen welke kosten dat lukt. Hiermee is weinig ervaring opgedaan en de risico's zijn groot. Daardoor is het commercial readiness level (CRL) laag en is het aantrekken van financiering kostbaar. Voor het doorkomen van deze fase is het cruciaal dat in ieder geval voor de productie de grootste technologische onzekerheden worden weggenomen. Dat kan door het realiseren van demonstratieprojecten. Vervolgens is opschaling van installaties en demonstratie van hun betrouwbaarheid over een langere periode nodig. Hiervoor hebben projecten gerichte ondersteuning nodig, met duidelijke voorwaarden.

Deze fase eindigt met de realisatie van meerdere elektrolyseprojecten kleiner dan 200 MW, voornamelijk gekoppeld aan bestaand waterstofgebruik. Deze afnemers zijn het beste in staat om de onregelmatige productie van waterstof uit hernieuwbare bronnen te absorberen. Voor nieuwe toepassingen is het vooral belangrijk om op kleine schaal de benodigde technologie te demonstreren. Het aandeel van hernieuwbare waterstof in de totale waterstofproductie is in deze fase nog verwaarloosbaar.

Doelen voor 2025

- Ten minste 600 MW elektrolysecapaciteit gerealiseerd gekoppeld aan hernieuwbare bronnen.
- Tien elektrolyseprojecten gerealiseerd van verschillende schaal; zowel <20 MW als >100 MW en voor verschillende (industriële) toepassingen, en in verschillende regio's.
- Investeringsbeslissingen genomen voor ongeveer 2000 MW elektrolysecapaciteit.

Acties voor 2025

Overheid

- 2022: Het Rijk geeft zekerheid voor elektrolyseprojecten die in 2025 te realiseren zijn:
 - het Rijk stelt duidelijke doelen voor waterstofproductie en -gebruik tot en met 2030;
 - voldoende subsidies voor projecten zijn beschikbaar en er is duidelijkheid over de prikkels voor waterstofgebruikers;
 - de voorwaarden van instrumenten zijn werkbaar voor investeerders en geven voldoende mogelijkheden om hernieuwbare elektriciteit te contracteren. Dit pakt zodanig uit dat een aantal ontwikkelaars van elektrolyseprojecten een investeringsbeslissing kan nemen. Specifiek moet waterstofproductie met gebruik van netstroom mogelijk zijn, op basis van stroomcontracten (PPA's);
 - er is duidelijkheid over certificering en de uitgifte van Garanties van Oorsprong.
- 2022: Het Rijk voert ten minste één pilot uit om certificeringsschema's te testen voor binnenlandse waterstofproductie.
- 2023: Het Rijk pleit bij de Europese Commissie voor urgentie van goedkeuring van deze schema's of komt in 2023 met een alternatief voor certificering van waterstofproductie.
- 2023: Het Rijk en deelnemers spreken af om informatie uit te wisselen over knelpunten bij vergunningsprocedures en deze te delen met regionale overheden en andere instanties.
- 2023-26: Het Rijk en deelnemers monitoren de ontwikkeling van elektrolyseprojecten en formuleren duidelijke leerdoelen en onderzoeksopdrachten om tot verdere opschaling te komen.
- 2022-25: Benoeming van een netbeheerder voor een offshore waterstoftransportnet.

NWP-deelnemers

- 2022: Deelnemers en het Rijk onderzoeken in hoeverre het bestaande en aangekondigde beleid toereikend is voor andere ontwikkelingen dan kosteneffectieve opschaling van elektrolysecapaciteit. Bijvoorbeeld innovatieve pilots met elektrolyse en andere productiemethoden, grootschalige productie van waterstof uit industriële restgassen en elektrolyseprojecten die minder goed passen binnen generiek beleid, zoals offshore elektrolyse en kleinschalige elektrolyseprojecten.
- 2023: Deelnemers helpen het Rijk bij het beoordelen van marktstudies naar het potentieel voor kostenreductie elektrolyse en belangrijkste kansen voor verdere innovatie voor 2030.
- 2023-24: Het Rijk en deelnemers onderzoeken of belasting- en nettarieven nog knelpunten bevatten voor de ontwikkeling van waterstofproductie in Nederland. Ook werken zij samen met de ACM en de netbeheerder aan een tariefstructuur die toekomstbestendig is.
- 2023-25: Deelnemers beschrijven hoe gerealiseerde elektrolyseprojecten bijdragen aan een robuust energiesysteem: bijvoorbeeld hoe ze aansluiten op het realiseren van offshore wind, maar ook aan de waterstof- en elektriciteitsinfrastructuur en hoe zij congestie op het energienet voorkomen.

Randvoorwaarden

- 2022-23: Duidelijkheid over Europese duurzaamheidseisen (gedelegeerde handelingen) en bindende Europese waterstofdoelen uit het Fit-for-55%-pakket.
- 2023: Voldoende expertise en capaciteit bij overheden voor vergunningsaanvragen.
- 2023: Realisatie certificeringsschema's hernieuwbare waterstof uit binnen- en buitenland.
- 2023: Duidelijkheid over ordening waterstofmarkt en transportvoorwaarden infrastructuur, ook offshore.
- 2023: Meer duidelijkheid over het Ontwikkelprogramma Energiesysteem Noordzee (zie bijlage wind op zee).
- 2024: CO₂-infrastructuur voor productie koolstofarme waterstof tijdig beschikbaar.
- 2025: Duidelijkheid over regulering internationaal transport afgevangen CO₂.

2.4 Fase 2025-2030

In de tweede fase krijgen bedrijven een vrij goed beeld van het technologische potentieel voor waterstofproductie. Er bestaat nog wel serieuze onzekerheid over de prijs, door schaarste en onvoorspelbare energiekosten. In deze fase wordt het voor nieuwe gebruikers aantrekkelijker om de overstap op waterstof te maken, mits ze daarvoor voldoende prikkels krijgen. Producenten kunnen steeds beter inschatten hoeveel waterstof nodig is en hun waterstof een stuk makkelijker verkopen, door een goede infrastructuur en certificering. De opschaling van elektrolysecapaciteit verloopt soepel, doordat de realisatie van wind- en zonneparken gaat zoals gepland, er voldoende capaciteit is bij netbeheerders en leveranciers, elektrolysetechnologie steeds robuuster en goedkoper wordt, de belastingen en nettarieven voor elektrolyse werkbaar zijn gemaakt en vergunningsprocedures goed verlopen.

Deze fase eindigt met een situatie die op een markt begint te lijken: met centrale productielocaties tot 1 GW en toetreding van diverse afnemers tot een markt met een gemeenschappelijke infrastructuur. Waterstofproductie uit aardgas en restgassen, met toepassing van CCS, is in deze fase noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de totale vraag naar waterstof in balans is met het beschikbare aanbod.

Doelen

- 80 PJ waterstofproductie uit hernieuwbare bronnen;
- Na 2030 kan de productie van hernieuwbare waterstof in Nederland zonder operationele steun plaatsvinden, omdat succesvol beleid leidde tot een robuuste vraag naar hernieuwbare waterstof.
- Opschaling van zowel gecentraliseerde elektrolyse (op platforms) als decentrale elektrolyse (in turbines) op zee.

Acties

Overheid

- 2023: Het Rijk herijkt de nationale waterstofambities aan zowel de aanbod- als vraagkant voor 2030, met jaarlijkse tussendoelen. Ook stelt het Rijk deze doelen jaarlijks bij, op basis van analyses van de binnenlandse waterstofvraag.
- 2023: Het Rijk start met implementatie van ondersteunend beleid om elektrolyseprojecten te realiseren ná 2025.
- 2023: Het Rijk besluit over extra productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen op zee en land, in lijn met de extra vraag vanuit (onder meer) elektrolyse in 2030.
- 2023: Het Rijk onderzoekt welke strategische elektrolysecapaciteit wenselijk is na 2030 en waar elektrolyse belangrijke systeemvoordelen biedt, bijvoorbeeld door restwarmte te leveren.
- 2023: Het Rijk en deelnemers onderzoeken samen welke risico's grondstoffenvoorziening en milieueffecten vormen voor het realiseren van de 2030-doelen en hoe deze risico's te mitigeren.
- 2023: Een innovatieprogramma energiehub en waterstof op zee wordt opgezet.
- 2025-2030: Het Rijk en deelnemers werken samen om een handelsplatform te realiseren.
- 2025-2030: Het Rijk legt rollen in de waterstofhandel duidelijk vast voor de verschillende partijen (ministeries, toezichthouders, netbeheerders, handelsplatforms, *clearing houses*, etc.).

NWP-deelnemers

- 2023: Deelnemers brengen knelpunten voor het realiseren van een Gigawatt-schaal voor elektrolyse in kaart.
- 2023: Deelnemers nemen het initiatief voor een haalbaarheidsstudie van 1 GW offshore elektrolyse.
- 2023: Deelnemers brengen in kaart welke kostprijsreductie voor elektrolyse mogelijk is.
- 2023: Deelnemers verzamelen de belangrijkste (innovatie)opgaven voor de maakindustrie.
- 2023-26: Deelnemers betrekken regionale toeleveranciers bij de projecten die zij in Nederland ontwikkelen om de technologische ontwikkeling in de EU te versterken.
- 2023-27: Deelnemers beschrijven de potentie voor het flexibel opereren van elektrolyzers en het potentieel voor inkomsten uit flexibiliteitsdiensten.

- 2023-30:
 - deelnemers beschrijven hoe gerealiseerde elektrolyseprojecten bijdragen aan een robuust energiesysteem. Bijvoorbeeld hoe ze aansluiten op het realiseren van offshore wind, een waterstof- en elektriciteitsinfrastructuur en hoe zij congestie op het energienet voorkomen;
 - deelnemers spannen zich in om midden- en kleinbedrijven (MKB) te helpen bij het opzetten van elektrolyseprojecten, of het leveren van daarvoor benodigde componenten. Bijvoorbeeld door het organiseren van laagdrempelige evenementen of werkbezoeken;
 - het Rijk en deelnemers monitoren wat de verbeteringen in productietechnologieën zijn in opeenvolgende installaties (zoals investerings- en onderhoudskosten, *efficiency*, levensduur).

Randvoorwaarden

- 2023: Duidelijkheid over het realiseren van offshore windparken en de productie van hernieuwbare elektriciteit op land na 2030.
- 2025: De Marktordening voor CO₂-infrastructuur is wettelijk geregeld.
- 2025-2030: Het realiseren van offshore wind en de productie van hernieuwbare elektriciteit op land zoals gepland.
- 2025-2030: Het realiseren van een transport- en opslaginfrastructuur zoals gepland.
- 2025-2030: Een handelsinfrastructuur voor waterstofmarkt is gerealiseerd.
- 2028: De noodzakelijke infrastructuur voor internationale waterstofhandel is gerealiseerd.
- 2030: Een offshore waterstofinfrastructuur is gerealiseerd, waarop demonstratieprojecten kunnen worden aangesloten.
- 2030: De markt kent meerdere 'market makers' die collectief 20 PJ waterstof verhandelen.

2.5 Fase na 2030

Het vergezicht op de waterstofmarkt na 2030 toont een compleet andere situatie dan de komende jaren het geval is. Van een markt met veel overheidsingrijpen om aanbod te creëren naar een markt waarin het aanbod de vraag volgt op basis van normering en beprijzing. Nieuwe elektrolyseprojecten zijn dan economisch haalbaar zonder OPEX-steun; er is dan alleen nog CAPEX-ondersteuning nodig voor specifieke innovatieve, kleinschalige en offshore installaties. Marktpartijen hebben voor 2030 en daarna de zekerheid over een marktvraag naar hernieuwbare waterstof, met een uitfasering van waterstof uit aardgas. Met de ontwikkeling van een internationale infrastructuur en voldoende importcapaciteit is bovendien zicht op een internationale markt met efficiënte en transparante prijsvorming. Duidelijke waterstofdoelen in Europa en bijpassend beleid hebben ervoor gezorgd dat producenten in binnen- en buitenland de zekerheid hadden om te investeren in de benodigde capaciteit. Doordat beleidspraktijken zich volledig richten op afnemers van waterstof bestaat er een gelijk speelveld tussen binnenlandse productie en import. Daardoor is de markt in staat op de meest efficiënte manier de benodigde hoeveelheid binnenlandse productie te bepalen. Het is vervolgens aan de overheid om te bepalen of deze uitkomst voldoende is voor het borgen van de leveringszekerheid.

Na 2030 stijgt de vraag naar hernieuwbare waterstof onverminderd door gebruik in de industrie, mobiliteit (inclusief bunkers voor lucht- en scheepvaart), gebouwde omgeving en elektriciteitsopwekking (250 tot 1650 PJ)¹⁸. Ook de productie van hernieuwbare elektriciteit op de Noordzee en op land neemt exponentieel toe. Alleen aan offshore wind kijkt Nederland al naar een doorgroei naar 50 GW in 2040 tot 70 GW in 2050. Ook zal het steeds meer gaan lonen om lokaal elektriciteit te gebruiken of op te slaan op het moment dat het hard waait, of de zon sterk schijnt. Dat de elektrolysecapaciteit op land of zee verder groeit na 2030 is dus onvermijdelijk.

Na 2030 beweegt de binnenlandse waterstofproductie mee met de ontwikkeling van de vraag naar waterstof in Noordwest-Europa en het aanbod van waterstof uit andere regio's, los van

¹⁸ Zie bronnenlijst

een strategische elektrolysecapaciteit. De binnenlandse waterstofproductie moet daarom enorm toenemen als het aanbod uit andere regio's tegenvalt en de regionale vraag doorgroeit. Als er een enorm aanbod van goedkope waterstof geïmporteerd kan worden, zal de groei van de elektrolysecapaciteit richting 2050 afvlakken. In beide scenario's is een zekere strategische productiecapaciteit noodzakelijk om offshore windenergie in het energiesysteem te integreren en de leveringszekerheid van waterstof te versterken.

Naarmate de wereldwijde waterstofproductie groeit en de waterstoftechnologie zich verder ontwikkelt, neemt de prijs van waterstof af. Dit zal de vraag naar waterstof en elektrolyse-technologie in andere sectoren aanwakkeren, zoals in de gebouwde omgeving en agrarische sector. Ook de rol van andere productiemethoden naast elektrolyse, zoals pyrolyse en thermolyse, zal na 2030 belangrijker worden. In het bijzonder wanneer bedrijven bepaalde synergie kunnen benutten. Zoals het toepassen van restwarmte van elektrolyse in de gebouwde omgeving of thermolyse met gebruik van industriële restwarmte of nucleaire processen.

Uiteindelijk bereiken we in 2040 een volledig CO₂-neutrale industrie en energiesector. Daarin speelt de binnenlandse waterstofproductie een noodzakelijke rol. Wel is het belangrijk te benoemen dat de exporterende industrie het gebruik van hernieuwbare waterstof alleen kan doorberekenen als de belangrijkste handelspartners van de EU vergelijkbaar klimaatbeleid voeren. Ambitieuze mondiaal klimaatbeleid is dus een voorwaarde voor het realiseren van een ongesubsidieerde waterstofmarkt.

2.6 Toelichting bij de randvoorwaarden

Infrastructuur en hernieuwbare energiebronnen

Om de doelen voor de productie van hernieuwbare waterstof te realiseren, is tijdige realisatie van de infrastructuur en hernieuwbare energiebronnen doorslaggevend. Een waterstofinfrastructuur is nodig om producenten van waterstof te verbinden aan meerdere afnemers in binnen- en buitenland en aan opslagcapaciteit. En een goede elektriciteitsinfrastructuur is nodig om elektrolyseprojecten efficiënt aan te sluiten op de beschikbare wind- en zonneparken. Dat betekent zowel dat er voldoende capaciteit is om nieuwe projecten aan te sluiten op het net, als dat er ruimte is om nieuwe elektrolysecapaciteit te ontwikkelen in gebieden zonder congestie op het energienet. Er moet daarbij niet alleen in absolute termen voldoende hernieuwbare elektriciteit beschikbaar zijn voor elektrolyseprojecten (ongeveer 150 PJ), maar projecten moeten ook op een efficiënte manier gebruik kunnen maken van diverse bronnen. Daarvoor is het van belang dat de geldende duurzaamheidseisen ruimte bieden voor het gebruik van netstroom voor de productie van hernieuwbare waterstof. Bijvoorbeeld op basis van stroomcontracten.

Certificering en andere eisen aan projecten

Voor een soepele ontwikkeling van de waterstofmarkt is het belangrijk dat er zo snel mogelijk duidelijkheid komt over de eisen waaraan nieuwe projecten moeten voldoen. Hierover heerst met name bij elektrolyseprojecten nog grote onzekerheid. Daardoor lopen sommige projecten aan tegen problemen bij de vergunningsverlening. Ook het kader met veiligheidseisen voor waterstof is nog volop in ontwikkeling. Het is van belang dat het Rijk ervoor zorgt dat de eisen voor vergunningen en veiligheid voor waterstof én waterstofderivaten op tijd duidelijk zijn en geen onnodige belemmeringen bevatten voor nieuwe projecten.

De grootste problemen ontstaan echter door de voortdurende onzekerheid over de duurzaamheidseisen voor koolstofarme en hernieuwbare waterstof.¹⁹ De Europese Commissie wil deze eisen vastleggen in lagere regelgeving: zogeheten gedelegeerde handelingen. Maar dit proces is sterk vertraagd. Het Europees Parlement heeft inmiddels bepaald dat het de grondslag voor deze gedelegeerde handelingen wil schrappen bij de herziening van de EU-richtlijn voor hernieuwbare

¹⁹ Zie bronnenlijst

energie. Daardoor kunnen veel zaken makkelijker worden, maar er kunnen tegelijkertijd nieuwe vertragingen en onduidelijkheden ontstaan. Om het gebrek aan duidelijkheid en voortgang op EU-niveau enigszins te compenseren, dient Nederland, als relatief grootste waterstofgebruiker van Europa, waar mogelijk zelf een voortvarend certificeringsbeleid te voeren. Daar is ook al mee begonnen:

- Nederland heeft als eerste EU-land de wet- en regelgeving voor van het uitgeven van Garanties van Oorsprong voor andere gassen uit hernieuwbare bronnen (waterstof) geaccordeerd. Dit is op basis van een EU-richtlijn die per lidstaat wordt geïmplementeerd. Nederland kan hierop dus zelf handelen en doet dat ook. Een systeem voor deze garanties van oorsprong, alleen geldend voor in Nederland geproduceerde waterstof, is de afgelopen tijd getest door marktpartijen in een pilot van beursinitiatief HyXchange met medewerking van Vertogas als certificerende instantie.
- Deze Garanties van Oorsprong krijgen een waarde toegekend, omdat ze kunnen worden gebruikt voor hernieuwbare waterstof als hernieuwbare brandstofeenheden (HBE) in het vervoer, waarvoor een doelstelling geldt.
- EZK en RVO zijn een pilot gestart voor het testen van de Europese certificaatregels (die onlangs door het Europe Parlement zijn aangepast), vooral voor Nederlandse waterstofproductie, met ruimte voor één of enkele importcases. Daarnaast overweegt HyXchange samen CertifHy een pre-certificering voor de overige importcases in de markt.

Toelevering van installaties en grondstoffen

De opschaling van de productie van hernieuwbare waterstof vraagt daarnaast om voldoende aanbod van de benodigde installaties en grondstoffen. Direct relevant hiervoor zijn onder meer de productiecapaciteit voor elektrolyse-installaties en de beschikbaarheid van gedemineraliseerd water. Verderop in de keten is natuurlijk ook van belang dat er geen tekorten ontstaan van de componenten die nodig zijn om de benodigde installaties en randapparatuur te maken. Over de hele keten is de beschikbaarheid van voldoende personeel (van ontwerp en fabricage tot aan installatie en onderhoud) een belangrijke uitdaging. Dit vraagt om stevige investeringen in scholing (zie hoofdstuk Human Capital). Daarnaast is verdere ontwikkeling van elektrolysetechnologie nodig. Deze ontwikkeling kan de behoefte aan (schaarse) grondstoffen verminderen en installaties efficiënter en goedkoper maken, maar makkelijker te produceren en te installeren (dus minder arbeidsintensief) maken. Hierdoor zijn installaties flexibel en op afstand te opereren (voor koppeling aan hernieuwbare energie en offshore installaties). Bovendien kan innovatie ook bijdragen aan het beperken van de ruimtebehoefte voor waterstofproductie. Het is nodig dat er voldoende prikkels zijn voor dit soort innovaties.

Waterstofbeurs en efficiënte marktwerking

Partijen uit de sector zijn het toonaangevende HyXchange-initiatief gestart, gesteund door Gasunie en 4 zeehavenbedrijven. Dit initiatief heeft een groot en groeiend aantal belangstellende marktpartijen.

Doel van HyXchange is het realiseren van een handelsbeurs voor waterstof via de Nederlandse hoofdinfrastructuur voor waterstof. Inclusief de mondiale overzeese importen daarnaartoe en de handel met de daarmee verbonden Europese (buur)landen.

Voor het functioneren van zo'n waterstofbeurs is belangrijk dat de onderliggende voorwaarden voor de marktwerking in waterstof vervuld zijn. Een belangrijke voorwaarde is een open, toegankelijke transportinfrastructuur voor waterstof. Daaraan zal worden voldaan middels de totstandkoming van het transportnet voor waterstof, met opslagcapaciteit en onafhankelijk beheer. Een andere voorwaarde, ook voor de leveringszekerheid, is een divers aanbod van waterstof. Daarvoor worden, naast elektrolyse van Nederlandse duurzame stroom, ook andere bronnen gebruikt. Met name de import van (hernieuwbare) waterstof uit andere landen en werelddelen, en *low-carbon* waterstof uit industrieprocessen. Die diverse oorsprong van waterstof moet transparant gestandaardiseerd worden via een systeem van realistische en voor alle bronnen toegankelijke certificaten, die ook afzonderlijk verhandeld kunnen worden. Voor dit systeem zijn nationale en Europese aanzetten, die echter nog traag of onvolledig zijn. Vooral wat de waterstofimport betreft, die daardoor moeilijk tot

ontwikkeling dreigt te komen in verhouding tot de steeds toenemende urgentie en de doelstelling (ook Europees) van duurzame waterstofimport. Om daar meer beweging in te krijgen, beweegt HyXchange zich actief in de discussie en activiteiten ter ontwikkeling van certificering, samen met de marktpartijen.

In relatie daarmee - en voor het realiseren van de gestelde waterstofdoelen - onderneemt HyXchange momenteel 3 activiteiten:

1. een pilot in waterstofcertificaten (Garanties van Oorsprong) ter voorbereiding van de introductie eind 2022;
2. simulatie van een waterstofspotmarkt met opslag, balancerings- en prijsdynamiek;
3. een studie naar een prijsindex.

Hiervan is de pilot in Garanties van Oorsprong (met 18 deelnemende marktpartijen) al afgerond. De pilot heeft geleid tot concrete leerervaringen, die zijn beschreven in een rapport (september 2022). En daarnaast een eerste handelsproduct: een standaard overeenkomst voor de verhandeling van Garanties van Oorsprong. Met de opzet van de spotmarktsimulatie is ook een begin gemaakt, met de input van marktpartijen. De resultaten daarvan worden meegenomen in toekomstige besluiten over handelssystemen voor de praktische beurshandel in waterstof, certificaten of andere producten zoals balancerings- en prijsdynamiek. Naar verwachting komt de beoogde spotmarkt in fasen tot stand, meegroeien met de realisatie van een waterstofinfrastructuur, het daaraan verbinden van regio's en de beschikbare waterstofvolumes. Daarmee bereiken we dat Nederland in 2030 een spil is in de nationale, Europese en mondiale waterstofhandel. Dat biedt meerwaarde op het gebied van toegankelijkheid en efficiëntie voor alle marktpartijen, een leidende prijsindex en aantrekkingskracht op internationale partijen.

Figuur 2.1 11 april 2022: Minister Jetten ontvangt eerste Garantie van Oorsprong onder het pilotproject voor waterstof van certificeringsinstantie Vertogas en waterstofbeurs HyXchange.



Fotografie: North Sea Port

3

Thema Import

- Import is nodig naast eigen productie met name met oog op verwachte grote vraag in industrie- en transportsector (mede door verplichtingen).
- Nederland kan met de import en doorvoer van waterstof(derivaten) zijn huidige positie als energie-hub in Noordwest-Europa behouden en versterken; ook de havens hebben grote ambities.
- Focus ligt in de beginfase op het regelen van de randvoorwaarden, om zo toekomstige importen te kunnen faciliteren.
- Beschikbaarheid van infrastructuur voor opslag, transport en doorvoer van verschillende vormen van waterstof is essentieel, evenals een internationaal werkend certificeringssysteem.
- Waterstofimport staat voor handel in diverse met waterstof gemaakte grondstoffen en brandstoffen (ammoniak, methanol, LOHC). Stromen zijn nog lastig te kwantificeren.

3.1 Beschrijving thema Import

Voor de verduurzaming en voorzieningszekerheid van zowel de Noordwest-Europese als de Nederlandse energie- en grondstoffenvoorziening, is import van duurzame energie en grondstoffen nodig via waterstof(derivaten), naast binnenlandse en regionale productie²⁰. Door vergroening van het huidige waterstofverbruik is er al een initiële vraag die ingevuld kan worden met eigen productie en import. In de nabije toekomst zijn klimaatneutrale waterstofproductie en -import ook nodig voor nieuwe toepassingen in onder meer de industrie, de mobiliteit en voor elektriciteitsproductie (CO₂-vrij regelvermogen). De vraag naar hernieuwbare waterstof zal op de lange termijn sterk stijgen. Het is kostentechnisch niet efficiënt om alleen met binnenlandse productie aan deze vraag te voldoen. CE Delft en TNO (2022) schatten de vraag naar hernieuwbare waterstof uit de industrie en mobiliteit tussen de 60 en 100 petajoule (PJ)²¹ in 2030.

Nederland heeft momenteel een doelstelling voor opschaling van elektrolyse (zie thema Productie), maar geen doel voor te importeren volumes. Het belangrijkste in deze beginfase is om de randvoorwaarden te creëren om import en doorvoer mogelijk te maken. Voor het nadenken over eventuele doelen is eerst nodig om zicht te krijgen op wat er in Nederland zelf geproduceerd kan worden, met name uit wind op zee. Ook moet meer duidelijkheid komen over de marktvraag die het gevolg is van bijvoorbeeld de mogelijke verplichtingen die in EU-verband gaan gelden voor waterstofgebruik in de industrie. Uiteraard zijn er wel ambities op het vlak van importvolumes. Zie bijvoorbeeld de plannen en verwachtingen van de diverse Nederlandse havens, mede ingegeven door de importambities op EU-niveau (zie hieronder in secties 3.3 t/m 3.5). De Europese Commissie werkt nog aan plannen over het uitvoeren van deze ambities, in samenwerking met de lidstaten.

Nederland kan met de import en export van waterstof(derivaten) zijn huidige positie als energiehub in Noordwest-Europa behouden en versterken, voor invoer en doorvoer van duurzame brandstoffen en grondstoffen naar de industrie in Nederland en in het achterland. De Nederlandse overheid zal niet zelf waterstof gaan importeren; bedrijven zullen dat doen. De Nederlandse overheid moet zorgen voor de randvoorwaarden en het gepaste instrumentarium voor het mogelijk maken van import en doorvoer.

De huidige energiemarktcrisis vergroot de noodzaak om duurzame waterstof uit eigen productie en import in te zetten als alternatief voor olie en gas. Tegelijkertijd maakt deze crisis duidelijk dat voor deze import diversificatie een belangrijk onderdeel moet zijn, met oog op voorzieningszekerheid. De vooruitzichten hiervoor zijn gunstig: er is mondiaal gezien een brede groep landen die waterstof kan exporteren. Daarbij is de verwachting dat ook binnen de EU import-export-ketens zullen ontstaan. Waarbij met name landen in Zuid-Europa, zoals Portugal en Spanje en in Noord-Europa, zoals Noorwegen en Denemarken, potentie hebben voor export.

Daarnaast laten de ontwikkelingen nu al zien dat er in diverse regio's buiten Europa een groot potentieel is voor waterstofproductie die deels voor export kan worden ingezet. Het is zaak voor Europa, en met name Noordwest-Europa, om zich daarvoor op tijd als geschikte markt aan te bieden. Er zal immers concurrentie zijn tussen regio's om de eerste schaarse waterstofvolumes aan te trekken, en zo de basis te leggen voor robuuste ketens met grotere handelsvolumes. Dit vergt in Europees verband een voortvarende aanpak, waarbij ruimte voor marktontwikkeling samen moet gaan met zekerheid over essentiële randvoorwaarden. Nederland kan hierin samen met de buurlanden een leidende rol spelen.

De noodzaak om waterstof van buiten de EU in te voeren wordt ook onderkend door de Europese Commissie. In de Europese waterstofstrategie staat dat al in de fase van 2025 tot 2030 internationale handel in waterstof tot stand zal komen. Daarnaast wordt in het kader van

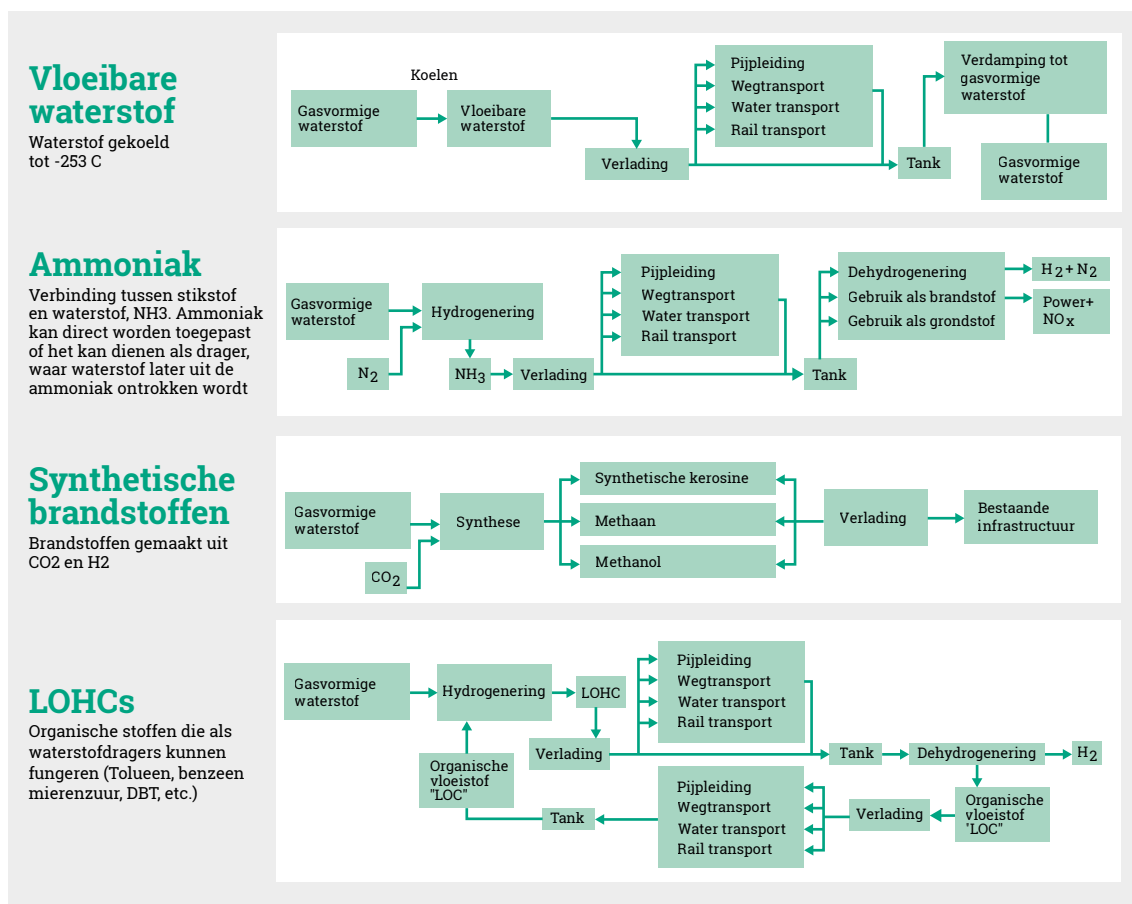
²⁰ Zie bronnenlijst

²¹ Zie tabel 9.1 in het hoofdstuk Beleidskader voor nadere toelichting

REPowerEU nu gesproken over een ambitie van 20 miljoen ton (2400 PJ) hernieuwbare waterstof in 2030. Hiervan moet 10 miljoen ton (1200 PJ) geïmporteerd worden, omdat deze grote volumes waarschijnlijk niet met binnenlandse productie kunnen worden gerealiseerd. De vraag naar hernieuwbare waterstof zal onder meer worden gestimuleerd door verplichtingen in te voeren. Zoals het EU-commissievoorstel voor een verplicht percentage hernieuwbare waterstof in de industrie.

Achter het begrip 'waterstofimport' schuilt een complexe wereld van internationale handel in op duurzame waterstof gebaseerde grondstoffen en brandstoffen voor vele verschillende toepassingen. Het gaat daarbij om waterstof in verschillende vormen, zoals vloeibare en gasvormige waterstof, ammoniak, synthetische brandstoffen (zoals methanol) en Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC's) (zie Figuur 3.1).

Figuur 3.1 Relevante type waterstofdragers en hun ketens (Bron: Arcadis en Berenschot 2021, aangepaste versie).



De contouren van de toekomstige internationale handel van waterstof laten een divers beeld zien: een grote groep potentieel exporterende landen, meerdere modaliteiten om waterstof te transporteren en op te slaan en verschillende vormen en toepassingen van waterstof. Het is de verwachting dat met name landen die gunstige omstandigheden hebben voor goedkope productie uit hernieuwbare bronnen, zich zullen gaan richten op export van waterstof. Een aantal landen zal zich daarnaast richten op export van koolstofarme waterstof. Waarschijnlijk zullen meerdere vormen van transport en opslag naast elkaar gaan bestaan, met verschillende ketens en verschillende vormen van infrastructuur. Afhankelijk van de lokale omstandigheden en de markt.

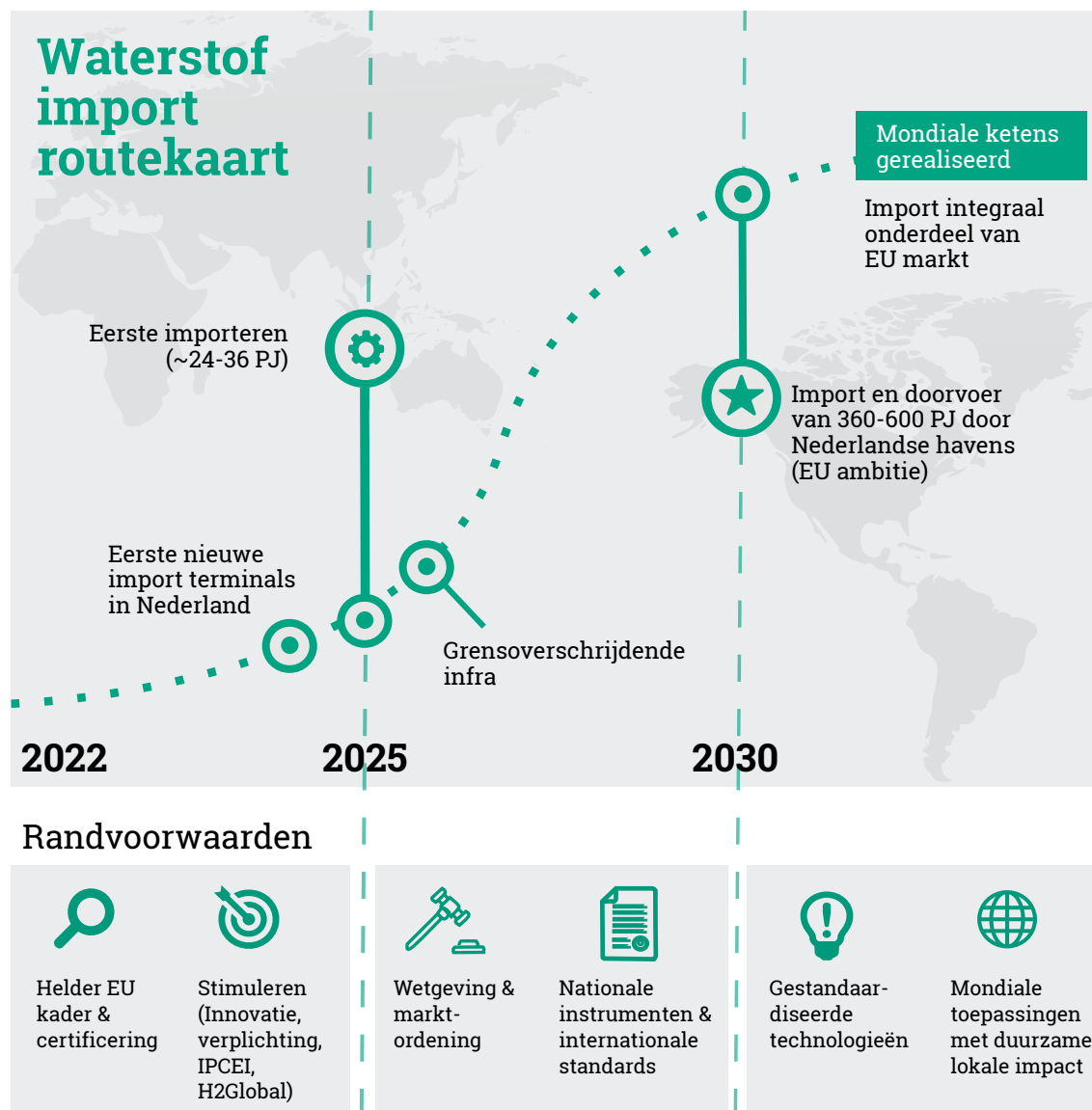
Het tempo en de omvang van de ontwikkeling van importstromen is van vele factoren afhankelijk, waaronder de omvang van opwekking uit wind- en zonne-energie in eigen land, de ontwikkeling van technologische oplossingen voor waterstof als energiedrager en daarnaast alternatieven (zoals biobrandstoffen en kernenergie), de ontwikkeling van de waterstofmarkt en het aanbod van waterstofproductie uit andere landen binnen en buiten de EU. De import van waterstof hangt ook samen met de strategie voor ontwikkeling en behoud van de industrie in Noordwest-Europa. Industriële partijen kunnen overwegen om hun productieproces te verhuizen naar regio's waar energie en grondstoffen goedkoper gemaakt kunnen worden. Het is bijvoorbeeld de vraag wat de toenemende import van ammoniak gaat betekenen voor de industrie in Nederland. De energietransitie en geopolitieke ontwikkelingen kunnen leiden tot een nieuw speelveld voor industriële productie binnen én buiten Nederland.

Recente ontwikkelingen, zoals de ambitieuze voorstellen van de Europese Commissie in het kader van Fit-for-55 en REPowerEU en de afbouw van de import van Russisch gas en olie, tonen de noodzaak van het overstappen naar duurzame gassen. En van de uitdagingen die met die transitie gepaard gaan. De ontwikkelingen op dit vlak gaan snel. Kleinere pilots kunnen de komende jaren al plaatsvinden. De eerste grote leveranties van waterstofimport worden rond 2025-2026 verwacht. Echt grootschalige importen zullen richting 2030 op gang moeten komen. Momenteel werkt het Rijk aan de randvoorwaarden voor een waterstofmarkt, waaronder regulering, infrastructuur, certificering en veiligheid.

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van de import en doorvoer van waterstof in Nederland beschreven. De doelen en acties staan in 3 fases (zie Figuur 3.2); de korte termijn (2022-2025), de middellange termijn (2025-2030) en de lange termijn (na 2030). Alle specifiek voor import relevante randvoorwaarden staan onderaan het hoofdstuk apart beschreven.

3.2 Detail-routekaart Import

Figuur 3.2 Waterstofimport Routekaart met mijlpalen en randvoorwaarden.



3.3 Fase 2022-2025

Doelen

Aanlanding van eerste importen van waterstof

De verwachting van de havens is, dat in 2025 0,2 tot 0,3 Megaton (24 tot 36 PJ) waterstof(derivaten) geïmporteerd zullen worden²². De eerste bedrijven en havens bereiden zich voor op het opslaan, verwerken en doorvoeren van waterstof. Naar verwachting zijn er in 2025 meerdere terminals voor de import, verwerking en export van waterstof in verschillende vormen. Een aantal hiervan bouwt voort op al bestaande infrastructuur, omdat importstromen zoals ammoniak en methanol al lange tijd bestaan. Het is waarschijnlijk dat de eerste importen komen uit landen waarmee nu al

²² In deze inschatting worden volumes van zowel hernieuwbare als koolstofarme waterstof meegenomen

logistieke ketens zijn voor fossiele brandstoffen. Denk aan landen in het Midden-Oosten. Zo kan gebruik worden gemaakt van bestaande netwerken en expertise.

Daarnaast moeten in deze fase voorbereidingen voltooid worden voor importen uit landen binnen Europa, zoals Portugal en Spanje. Import uit deze regio is relatief eenvoudig te realiseren, omdat vele partijen al samenwerken in EU-verband en vallen onder dezelfde regelgeving. Maar ook omdat afstanden kleiner zijn voor het transport van waterstof(derivaten) en het IPCEI-traject (Important Projects of Common European Interest)²³ van de EU hier een faciliterende rol in kan spelen. In EU- en nationaal verband moet er aandacht komen voor hoe de infrastructuur voor import kan worden ondersteund met mogelijke (bestaande) instrumenten. Import van waterstof zal op termijn ook via pijpleidingen kunnen plaatsvinden.

Een markt voor duurzame waterstof biedt ruimte voor import

Naast lokale productie is import cruciaal voor prijszetting en marktwerking. Het is daarom belangrijk dat er geen obstakels in Nederlands en/of Europees beleid zijn voor de import van waterstof. De aangekondigde verplichtingen in de herziening van de RED II voor duurzaam waterstofgebruik in de industrie en mogelijk voor brandstoftoepassingen (RFNBO's) gaan een grote rol spelen in het creëren van de marktvraag voor import. Ook andere initiatieven uit het Fit-for-55-pakket en REPowerEU, zoals de Hydrogen Partnerships en Europese waterstofcorridors, dragen bij aan de marktontwikkeling. Die initiatieven worden in deze fase uitgewerkt. Nederland speelt een actieve rol bij de uitwerking hiervan.

Zekerheid over voor import essentiële randvoorwaarden

De Nederlandse overheidsaanpak is erop gericht om uiterlijk in 2025 zekerheid te geven over met name de waterstofinfrastructuur, -regulering en -certificering. Beschikbaarheid van infrastructuur voor opslag, transport en doorvoer van waterstof is essentieel voor import. Publieke en private partijen bereiden nu investeringen voor en zijn gebaat bij zekerheid rond de bovengenoemde thema's. Ook moet veiligheid worden geborgd. Er zijn plaatsgebonden risicocontouren nodig rondom de terminals en routes van de verschillende transportmodaliteiten.

Voor de regulering is de planning afhankelijk van de besluitvorming over het EU-decarbonisatiepakket, waarbij Nederland voorstander is van flexibiliteit voor bestaande netwerken. Nu de eerste investeringen in terminals zijn aangekondigd moet het onderwerp import op gepaste wijze worden meegenomen in de Cluster Energiestrategieën (CES)²⁴. Voor doorvoer is grensoverschrijdende infrastructuur (verbinding met Duitsland en België) cruciaal. Dit moet tijdig met de buurlanden worden opgepakt. Verder moet meer inzicht komen in hoe de rol van havens en transport per schip zich zal gaan verhouden tot transport via pijpleidingen. In het verlengde hiervan kan ook de lopende discussie over kwaliteitseisen (zuiverheid van waterstof) gevolgen hebben over de specificaties van de importinfrastructuur.

Voor de te importeren hernieuwbare waterstof zullen de duurzaamheidscriteria die zijn opgesteld in de RED II leidend zijn. Certificeringsschema's moeten vóór 2025 gereed zijn om de eerste import-exportstromen waar te maken. Het is belangrijk dat deze niet alleen rekening houden met waterstof, maar ook met verschillende waterstofderivaten. Het is belangrijk dat bedrijven weten waar ze aan toe zijn en tijdens dit traject verder kunnen met hun projecten. Nederland dringt daarom aan op een voortvarende en eenduidige aanpak. Onder leiding van RVO zijn pilots gestart voor vrijwillige certificeringsschema's, op basis van de op 20 mei 2022 gepubliceerde

²³ Zie bronnenlijst

²⁴ In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de Nederlandse industrie additioneel 14,3 Mton CO₂ moet reduceren voor 2030. Net als bij de Regionale Energie Strategieën (RES) voor de opwek van duurzame elektriciteit en warmte, is er voor een regionale aanpak gekozen om deze opgave in te vullen in de industrie. De grote reductieopgave vraagt om bedrijfs- en sector-overschrijdende samenwerking. De industriële clusters zijn daarom via regionale koplopers-programma's aan de slag gegaan met hun verduurzamingsplannen voor 2030, met een doorkijk naar 2050 (Cluster Energie Strategieën, CES)

conceptteksten van de delegated acts van de RED II. Inzichten uit deze pilots kunnen eind 2022 gedeeld worden. Bij goed verloop worden vrijwillige certificeringsschema's ter goedkeuring aan de Europese Commissie gestuurd, waarbij het uitgangspunt is dat deze schema's al kunnen worden gebruikt in de aanloop naar definitieve goedkeuring.

Acties

- Het Rijk stimuleert de eerste projecten via ondersteunend instrumentarium (zoals innovatie-instrumentarium, verplichtingen, generieke instrumenten (bijvoorbeeld IPCEI, SDE++, opschalingsinstrument waterstof) en het instrumentarium dat beschikbaar is voor buitenlandse handel en ontwikkelingssamenwerking (BHOS)

Om de eerste projecten voor de import van waterstof te realiseren, is het belangrijk dat er - in aanvulling op bovengenoemd EU-beleid dat de marktvraag versterkt - ook mogelijkheden zijn voor nieuw instrumentarium om de markt op gang te brengen, investeringsrisico's te verminderen en vraag en aanbod beter bij elkaar te brengen.

Voorbeelden van instrumenten en trajecten die hiervoor kunnen worden ingezet:

- projecten ondersteunen voor het opzetten van grootschalige infrastructuur voor import en opslag, via IPCEI (gedeelte van derde en vierde golf);
 - de Duitse overheid heeft in 2021 samen met private partijen de inkooporganisatie H2Global opgericht. Via deze organisatie worden in 2022 verschillende tenders georganiseerd om op basis van tienjarige contracten waterstof van derde landen in te kopen en door te verkopen aan industriële klanten. De Nederlandse overheid verkent nu op welke wijze Nederland aan H2Global kan deelnemen;
 - ook wordt er samen met het ministerie van Buitenlandse Zaken (BZ) en partijen als Invest International gekeken naar facilitering en financiering van projecten buiten Nederland, mede met oog om Nederlandse bedrijven te laten bijdragen aan het opbouwen van internationale ketens;
 - via het kennisplatform Sustainable Hydrogen Import Programme (SHIP-NL) wordt kennis gedeeld. Ook wordt in kaart gebracht op welke gebieden verder onderzoek en innovatie nodig is. Dit moet bijdragen aan het maatschappelijk draagvlak voor de eerste waterstofprojecten;
 - via innovatieregelingen (zoals DEI-groenvermogen) kunnen pilots worden ondersteund voor innovatieve manieren van transport en opslag via onder meer LOHC en vloeibare waterstof.
- Het Rijk ontwikkelt een importstrategie in internationale samenwerking

Het is belangrijk dat Nederland samenwerkt aan een importstrategie met andere landen met een soortgelijk importbelang. Zoals Duitsland en België. Samenwerking met deze landen kan via Europees beleid de import faciliteren en sneller op gang brengen, zodat een mondiale liquide markt wordt gecreëerd. Onder meer via de in REPowerEU opgenomen Green Hydrogen Partnerships en Hydrogen Facilitator. Daarnaast vraagt het op gang komen van importstromen ook Europees beleid op het ondersteunen van scheepvaartcorridors en pijpleidingen. Hiervoor zet de overheid zich in op bilateraal, Pentalateraal, Europees en multilateraal verband. Uitgangspunt is dat diversificatie ook de voorzieningszekerheid verbetert.

Om te zorgen dat de eerste import-exportketens met Nederland worden verbonden en om contacten tussen bedrijven te faciliteren, bouwt Nederland aan relaties met landen met exportpotentieel. Het ministerie van Economische Zaken en Koninkrijksrelaties (EZK) werkt hierin nauw samen met de minister van Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking (onder meer via het Platform Waterstof Internationaal). Met oog op diversificatie richt Nederland zich hierbij op een brede groep landen, zowel binnen als buiten Europa. Zo zijn er op dit moment al verklaringen over samenwerking met Portugal, Chili, Uruguay, Namibië, Canada en de Verenigde Arabische Emiraten. Waar mogelijk worden Nederlandse bedrijven betrokken bij de opbouw van deze nieuwe internationale duurzame ketens, via bijvoorbeeld handelsmissies en programma's zoals het Programma Partners for International Business²⁵ (PIB) van RVO. Onderdeel van de samenwerking is dat onderzocht wordt welke risico's in de ontwikkeling van deze nieuwe import-export-keten zitten en hoe en door wie deze kunnen worden gemitigeerd.

- Inzetten van sleutelprojecten in het kader van Groenvermogen NL (TKI-waterstof en groene chemie)
- Certificering (nationale pilot) en harmonisatie in internationaal verband (2025-2030)

Eind 2022 worden de resultaten verwacht van de RVO/EZK-certificeringspilot. Het is van belang dat deze resultaten worden gedeeld met buurlanden en de Europese Commissie, om een geharmoniseerd certificeringssysteem te ontwikkelen voor hernieuwbare waterstof vanuit de EU en van buitenaf. De projecten die voor die tijd worden gerealiseerd, moeten op pilot-basis gaan lopen.

- Onderzoek naar verwachte importvolumes van waterstof en derivaten, mede met het oog op impact op ruimte en veiligheid

De ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en EZK voeren dit onderzoek uit, als vervolg op een studie die IenW al heeft laten uitvoeren naar de omgevingsveiligheid van duurzame waterstofdragers²⁶.

3.4 Fase 2025-2030

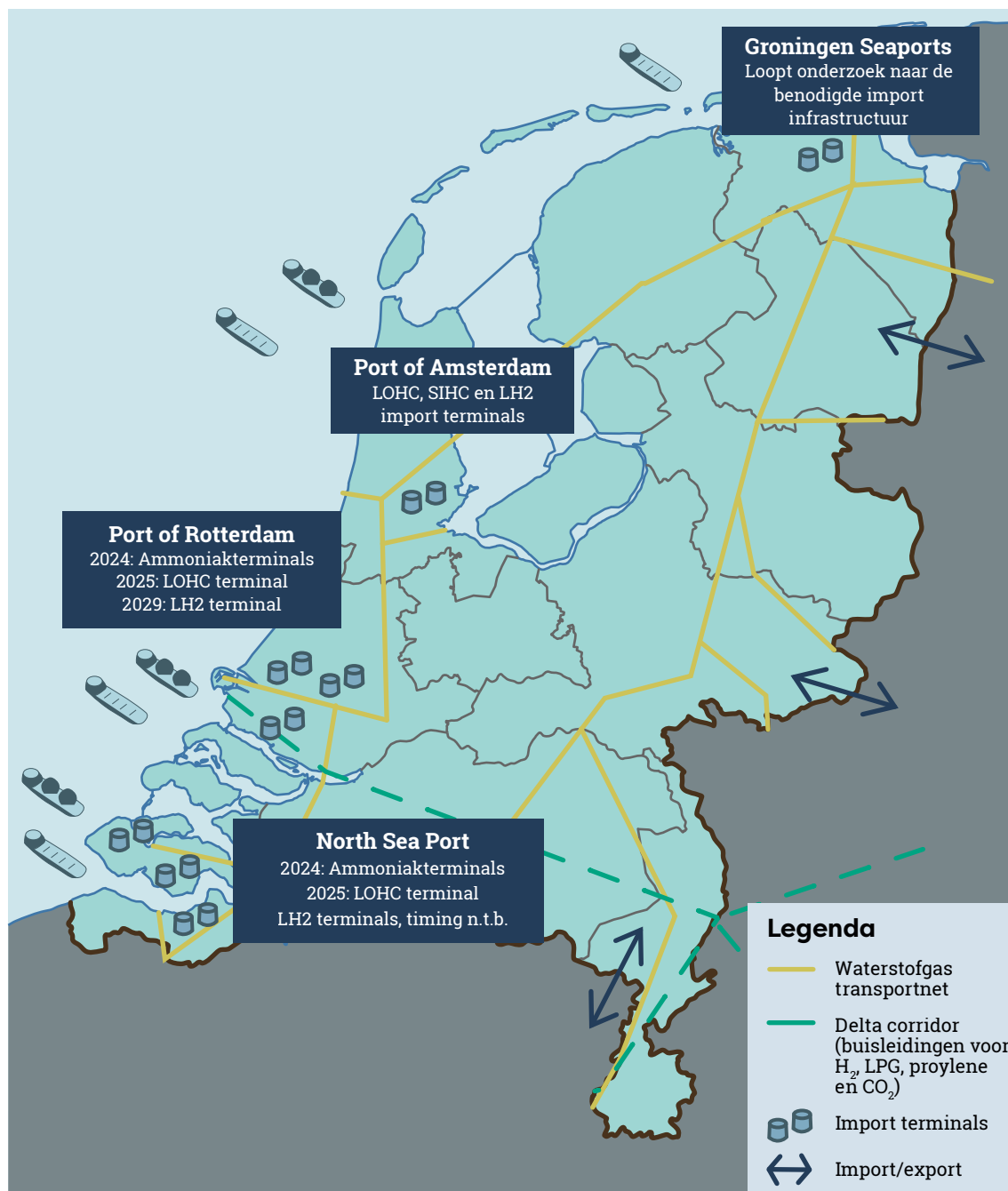
Doelen

In deze fase neemt de import van waterstof toe en wordt het onderdeel van de Europese markt. Nederland is onderdeel geworden van belangrijke waterstofketens. Voldoende importterminals worden in deze fase ontwikkeld (zie Figuur 3.3), en veiligheidskaders moeten hiervoor gereed zijn. De waterstofinfrastructuur moet in deze fase grensoverschrijdend worden verbonden, om import en export toe te laten met buurlanden. Technologieën voor vervoer en opslag van waterstof(dragers) moeten zijn opgeschaald, ondersteund door duidelijke regelgeving die de import en export van verschillende waterstofdragers via meerdere modaliteiten (pijpleiding, binnenvaart, spoor en wegtransport) mogelijk maakt.

²⁵ Zie bronnenlijst

²⁶ Zie bronnenlijst

Figuur 3.3 **Verwachte import-gerelateerde infrastructuur in 2030.**



Deze ontwikkelingen zijn nodig om per 2030 een importvolume van 3 tot 5 miljoen ton (360 tot 600 PJ) door de havens op orde te kunnen hebben. Dit volume is gebaseerd op de ambities en beleidsvoorstellen (zoals de verplichtingen voor de industrie) van de EU. En op inschattingen van de havens van vraag- en aanbod. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de benodigde randvoorwaarden (zoals certificering, infrastructuur, stimulering van vraag) op tijd zijn gerealiseerd. Een substantieel gedeelte van deze volumes wordt naar het achterland (met name Duitsland) doorgevoerd.

Dit geeft het grootste industriële cluster in Europa (ARRRA-cluster²⁷, goed voor 45% van de productie van chemicaliën en 25% van de productie van staal en 20% van de brandstoffenproductie) de mogelijkheid de productie te verduurzamen.

Het wordt steeds belangrijker om in EU-verband samen te werken. Daarvoor moeten de trajecten die de EU in REPowerEU heeft aangekondigd al in werking zijn. En ze moeten worden voorzien van instrumenten en fondsen. Het gaat hier om de Green Hydrogen Partnerships, Global Hydrogen Facility (Hydrogen Bank/waterstofbank) en de Hydrogen Corridors. Nederland moet een actieve rol spelen in de ontwikkeling hiervan, in samenwerking met de Europese Commissie en andere lidstaten. Gezien de contacten en samenwerking met een groot aantal exportlanden heeft Nederland een uitstekende uitgangspositie. Belangrijk speerpunt is de ontwikkeling van scheepscorridors en met name van voldoende scheepscapaciteit.

In de periode na 2025 wordt uit een steeds grotere groep landen binnen en buiten Europa waterstof geïmporteerd. Hieronder vallen bestaande leveranciers van fossiele energie in het Midden-Oosten, zoals Saoedi-Arabië en Oman, maar ook andere landen. Onder anderen Marokko, Tunesië en Egypte. Er zijn ook nieuwe regio's die zich profileren als toekomstige exporteurs, met name Australië, Zuid-Amerika en Zuidelijk-Afrika (Namibië, Zuid-Afrika).

Het is daarom belangrijk dat Nederland de samenwerking met andere landen intensiveert via het opzetten van bilaterale Memorandums of Understanding (MoUs) en via bestaande multilaterale fora zoals IPHE²⁸, CEM-H2I²⁹ en Mission Innovation³⁰. De internationale dialoog met exporterende en importerende landen over de ontwikkeling van de markt moet voortgezet worden om kennisdeling over businessmodellen, contracten, handelspolitiek, duurzaamheidscriteria en Internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (IMVO) te vergemakkelijken. Stakeholders en betrokken ministeries gaan hiervoor een duidelijke propositie uitwerken.

Acties

- Inzetten op EU-beleid en -kaders: RED II, Green Hydrogen Partnerships, Global Hydrogen Facility, Fit-for-55, FUElEU-Maritime, ReFuelEU Aviation.
- Opbouwen van waterstofketens, volgens IMVO, de-risken in PPS-verband.
- Een geharmoniseerd certificeringssysteem voor de import van waterstof is operationeel (doorpakken op werk van het Delegated Act, Nederlandse certificeringpilot en HyXchange).
- Bilaterale en Europese infra-afspraken.
- Een (grensoverschrijdende) waterstofinfrastructuur voor import en export gereed maken.
- Het Rijk: monitoren van marktontwikkeling, met oog op diversificatie.

3.5 Fase na 2030

In de fase na 2030 zijn mondiale ketens gerealiseerd voor koolstofarme waterstof en afgeleide verbindingen, zoals is te zien in Figuur 3.4.

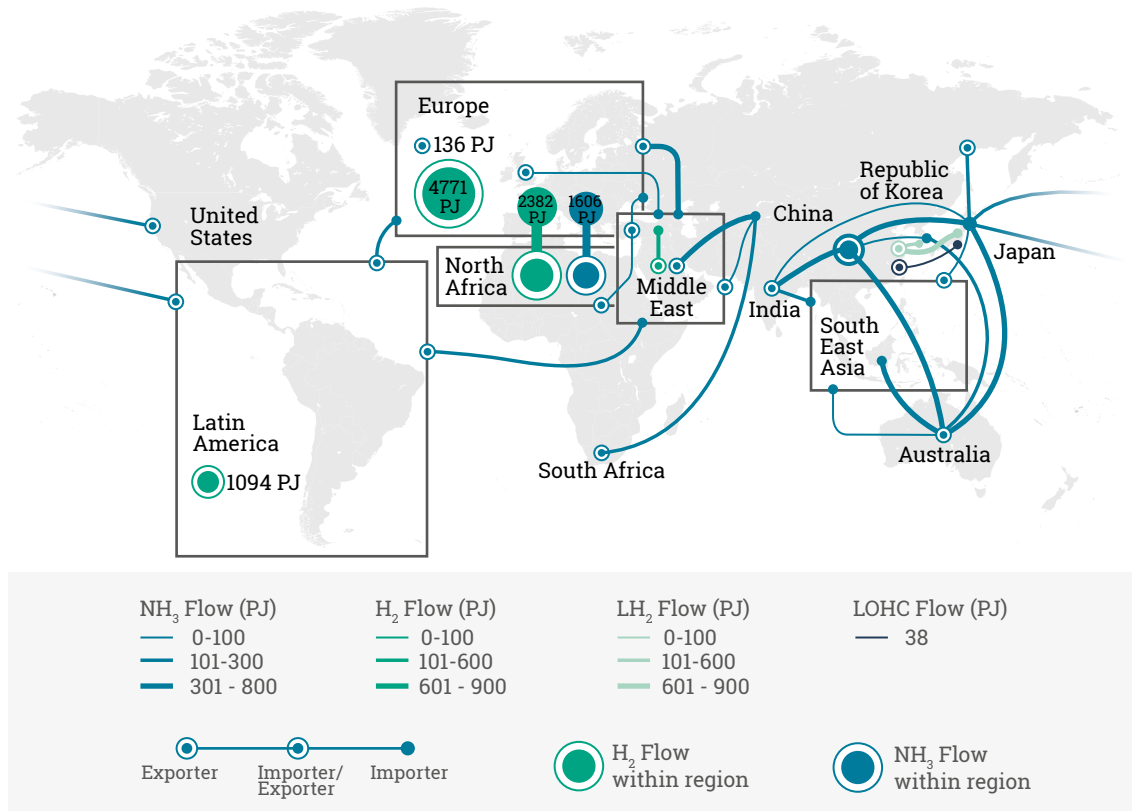
27 ARRRA: Antwerp-Rotterdam-Rhein-Ruhr-Area, Duitsland, België, Nederland

28 Zie bronnenlijst

29 Zie bronnenlijst

30 Zie bronnenlijst

Figuur 3.4 Wereldkaart van de handel in waterstof(dragers) in 2050 (op basis van optimistische technologische veronderstellingen), uitgedrukt in petajoules (PJ), uit het Irena's World Energy Transitions Outlook 2022-rapport. 120 PJ = een miljoen ton waterstof (Foto: Irena).



De geografische verschuiving van de industrie en bijbehorende energie- en grondstofketens zorgt voor het ontstaan van nieuwe energieketens. De koolstofarme waterstof en afgeleide verbindingen worden mondiaal toegepast met duurzame, lokale impact. Ook zijn in deze fase de technologieën voor transport en opslag gestandaardiseerd. De Nederlandse havens spelen een belangrijke rol in de import van duurzame energie voor Noordwest-Europa. De verwachting is dat Nederlandse zeehavens in 2050 meer dan 20 Megaton aan klimaatneutrale waterstof kunnen importeren. Een gedeelte daarvan is bestemd voor gebruik in omliggende landen, met name Duitsland.

4

Thema Infrastructuur en Opslag

- Waterstoftransport- en opslaginfrastructuur zijn belangrijk voor het te allen tijde op elkaar laten aansluiten van vraag en aanbod van waterstof.
- De focus in de eerste jaren ligt op transport via pijpleidingen. Waterstof wordt ook getransporteerd in andere vormen, vooral gekoppeld aan de importstromen.
- Vanaf 2022 wordt een landelijk transportnetwerk ontwikkeld dat de industriële clusters verbindt, toegang biedt tot opslagfaciliteiten en Nederland verbindt met de buurlanden.
- Grootschalige opslag is nodig om mismatches tussen vraag en aanbod (in de tijd) op te lossen. In 2030 zijn minimaal 3 tot 4 zoutcavernes met een totale opslagcapaciteit van 750 tot 1000 gigawattuur (GWh) nodig.
- Er moet duidelijkheid komen over de mogelijke ontwikkeling van infrastructuur in de regionale domeinen, onder meer voor de mobiliteitssector en cluster 6-industrie.
- Inzet op de ontwikkeling van een offshore infrastructuur.

4.1 Beschrijving thema Infrastructuur en Opslag

In een klimaatneutrale economie is een waterstof(gas)transportnet nodig om gebruikers efficiënt te verbinden met aanbieders van koolstofarme waterstof. En met opslaglocaties. Waterstoftransport en -opslag zorgen voor het te allen tijde op elkaar aan laten sluiten van vraag en aanbod van waterstof. Pijpleidingen zijn de meest efficiënte manier om in de binnenlandse behoefte aan waterstoftransport te voorzien, omdat dit goedkoper is dan de alternatieven. Ook faciliteren pijpleidingen het ontstaan van een liquide markt voor verschillende producenten en afnemers. Daarnaast kan waterstof ook worden getransporteerd in andere vormen: verpakt als drager of als verbinding in de vorm van ammoniak, methanol of als vloeibare vorm. De ontwikkelingen hierin worden de komende jaren in beeld gebracht. De opslag van waterstof en van waterstofdragers kan zowel bovengronds als ondergronds plaatsvinden. Opslag is nodig om waterstof uit importstromen te accommoderen en om binnenlandse mismatches tussen vraag en aanbod in de tijd op te lossen. Daarnaast bevordert opslag van (eventuele strategische) voorraden de leveringszekerheid.

Fasering ontwikkeling landelijke infrastructuur

In de Kamerbrief van 29 juni 2022³¹ presenteert de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) het 'uitrolplan' voor de gefaseerde ontwikkeling van het transportnetwerk voor waterstof. Zo'n gefaseerde ontwikkeling is nodig, omdat de ontwikkeling van de infrastructuur, productie en vraag in gezamenlijkheid moeten worden opgepakt. Gasunie-dochteronderneming HyNetwork Services (HNS) ontwikkelt het transportnet. De ontwikkeling van het transportnet start in 2022. In 2030 is een transportnet gereed dat loopt tot in de grote industriële clusters. Het verbindt deze met elkaar, biedt toegang tot opslagfaciliteiten en verbindt Nederland met haar buurlanden.

Binnen de periode 2022–2025 worden de eerste delen van dit net ontwikkeld (Figuur 4.1). De meest concrete vraag naar transportcapaciteit wordt verwacht in de industriële clusters aan de kust. Gevoed door op zee geproduceerde elektriciteit, produceren elektrolyzers in de industriële clusters aan de kust hernieuwbare waterstof. Daarnaast komt in deze havenclusters geïmporteerde waterstof het land binnen. Ook ontstaat in deze clusters grootschalige vraag naar hernieuwbare waterstof. De eerste importstromen en doorvoer naar Duitsland worden aan het einde van deze fase (in 2025–2026) voorzien (zie thema Import). Met het transportnet kan Nederland deze stromen op tijd faciliteren en zo de Nederlandse havens internationaal positioneren. Behoeft aan interconnectie met België kan ook in deze eerste fase ontstaan. In het industriële cluster van de grensoverschrijdende haven North Sea Port zijn plannen om binnen het cluster, en daarmee over de grens, infrastructuur te realiseren.

Het is mogelijk dat in het eerste stadium van het uitrolplan de ontwikkeling van vraag en aanbod gekoppeld worden: lokaal en binnen het cluster. Wanneer volumes groter worden, vindt meer uitwisseling van stromen plaats tussen de clusters. Dit is afhankelijk van marktontwikkelingen en het commitment van de gebruikers van het net. Met de groeiende productie van én vraag naar waterstof is ook opslag nodig, om flexibiliteit en leveringszekerheid te garanderen. De productie van waterstof via elektrolyse, gekoppeld aan hernieuwbare elektriciteit, is seizoens- en weerafhankelijk. Daarom is grootschalige waterstofopslag nodig om pieken en dalen in dit productieprofiel op te vangen. Import van waterstof, inclusief de handling en opslagvoorzieningen, dragen bij aan het opvangen van variatie in de lokale productie van en vraag naar waterstof.

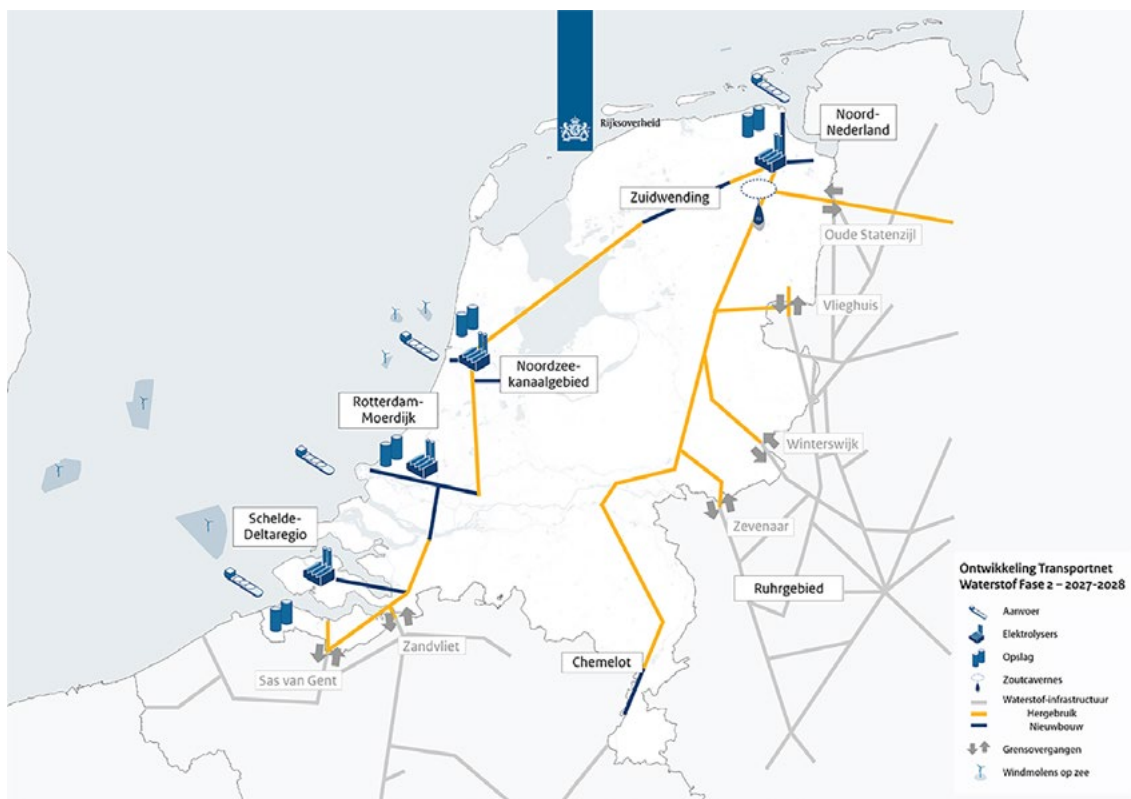
31 Zie bronnenlijst

Figuur 4.1. **Fase 1, gereed 2025-2026: grote industriële clusters aan de kust en de verbinding met een eerste opslagcaverne.**



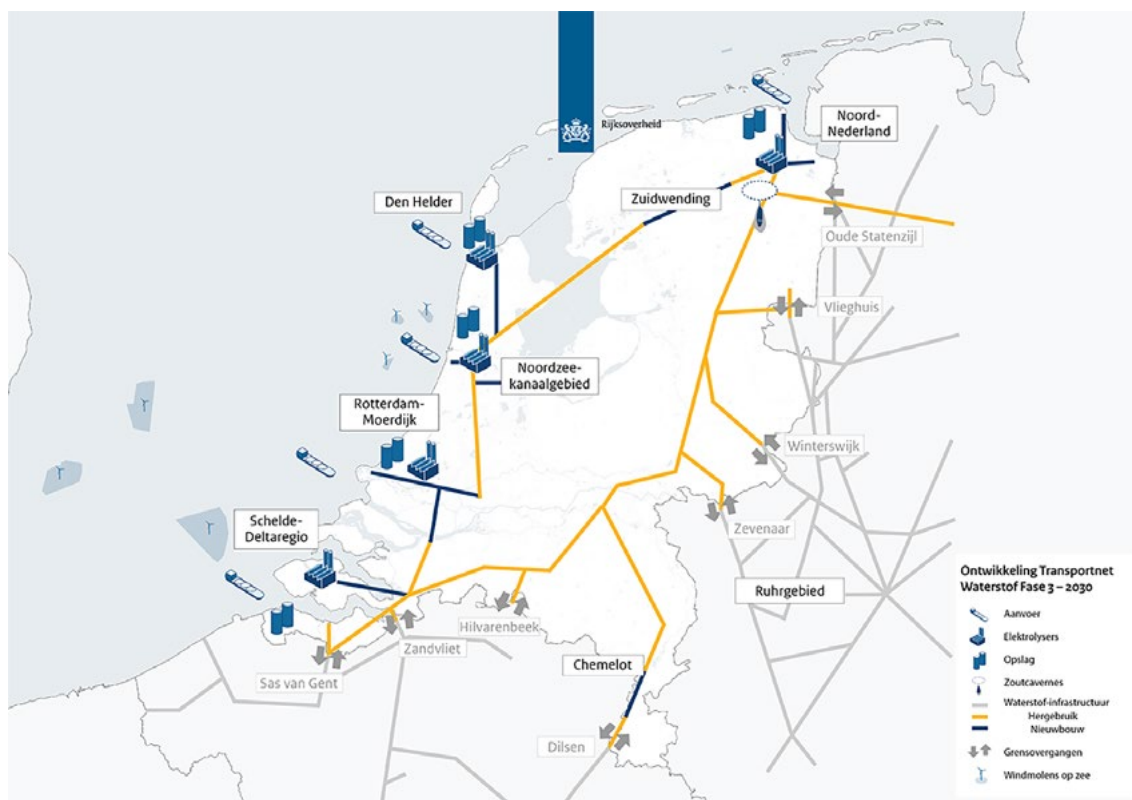
Binnen de periode 2025-2030 wordt de tweede fase van het uitrolplan ontwikkeld (Figuur 4.2). De vraag vanuit andere delen van het land - waaronder het industrieel cluster Chemelot in Limburg en industriële bedrijven verspreid door het land (cluster 6) - en de vraag vanuit de tankinfrastructuur voor de transport en mobiliteitssector, moet ook vanuit de aan zee gelegen clusters bediend worden. Dat betekent niet noodzakelijkerwijs dat de verbindingen tussen de aan zee gelegen clusters met landinwaarts gelegen vraaglocaties veel later gerealiseerd hoeven te zijn dan de verbindingen die in de eerste fase geschetst zijn. De timing van de aanleg van de infrastructuur is mede afhankelijk van de interesse van bedrijven om het net te gebruiken. Aan het einde van de tweede fase kunnen alle industriële clusters aangesloten zijn op het transportnet en verbindingen met de buurlanden gerealiseerd zijn.

Figuur 4.2 **Fase 2, gereed 2027 – 2028: verbinding cluster Chemelot + overige industriële clusters.**



De derde fase van het uitrolplan wordt uiterlijk in 2030 afgerond (Figuur 4.3). Op het tracé van Zeeland naar Chemelot komt naar huidige verwachtingen tegen 2030 een leiding in het gasnet beschikbaar voor hergebruik. Met het hergebruiken van deze leiding ontstaat een gesloten netwerk waardoor waterstof aan veel plaatsen langs 2 routes geleverd kan worden. Dat vergroot de leveringszekerheid in Nederland. Ook wordt hiermee de capaciteit voor het transport naar Duitsland verder vergroot. Voor de productie van waterstof op zee (grootschalig na 2030 in te zetten) is ook een waterstofinfrastructuur voor het transport en de opslag van op zee geproduceerde waterstof nodig.

Figuur 4.3 **Fase 3, gereed uiterlijk 2030: overige tracés.**



Met de ontwikkeling van het transportnet op land, zoals hiervoor beschreven, houdt de ontwikkeling niet op. De behoefte aan transport- en opslagcapaciteit blijft meegroeien met de ontwikkeling van de markt. Deze verdere ontwikkeling van het transportnet wordt verwacht in de periode na 2030. Om de capaciteit van het transportnet te vergroten, is het mogelijk om de druk in de leidingen te vergroten door middel van compressie, zodat meer waterstof door de leidingen kan stromen. (De capaciteit is met het toevoegen van compressie te verhogen van 10 gigawatt (GW) naar 15 GW). Ook is het mogelijk om op termijn meer aardgasleidingen vrij te maken voor waterstof. Tot slot is het mogelijk om waterstof te distribueren via tracés van het huidige gastransportnet die in de huidige planning nog niet nodig zijn voor waterstof. Naast het vergroten van capaciteit leidt het betrekken van deze gasleidingen ook tot verhoging van de leveringszekerheid.

In het kader van het MIEK-project (Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat) Delta Corridor bekijkt het kabinet meerdere buisleidingen voor energie en (circulaire) grondstoffen van Rotterdam via Chemelot naar Duitsland, waaronder een waterstofverbinding³² en/of andere vormen van waterstof. Het kabinet laat momenteel een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uitvoeren, met de ontwikkeling van het transportnet als uitgangspunt.

Ontwikkeling regionale Infrastructuur

Parallel aan de landelijke ontwikkelingen, zijn ook op regionaal niveau voorbereidingen gestart rondom de infrastructuur van waterstof en de mogelijkheden die daar liggen. Via diverse pilots en projecten in de gebouwde omgeving, de industrie en de landbouw wordt momenteel kennis en ervaring opgebouwd. Daarnaast wordt actief ingezet op onderzoeksprogramma's zoals HyDelta, met thema's als veiligheid, odorisatie en ombouwscenario's die als basis gebruikt worden voor de pilots én voor de vertaling naar beleid. Zoals bijvoorbeeld het richtsnoer 'Veiligheid Waterstof'.

32 Zie bronnenlijst

Bij de sector mobiliteit loopt, bij toenemende inzet voor het zwaar transport, het transport van waterstof voor tankstations op tegen de grenzen van het transport dat over de weg mogelijk is. Om te voorkomen dat dit tot vertraging in de transitie naar emissieloze mobiliteit leidt, moet tijdig een distributie-infrastructuur worden ontwikkeld.

In de Kamerbrief over de 'Ontwikkeling transportnet voor waterstof'³³ van 29 juni 2022 kondigt de minister voor Energie en Klimaat aan onderzoek te zullen doen naar de ontwikkeling van waterstofdistributienetten. Het is belangrijk dat er in de komende jaren duidelijkheid komt over mogelijke ontwikkeling van de infrastructuur in de regionale domeinen die aansluit bij de marktbehoefte én technisch uitvoerbaar is. In dit onderzoek worden onder anderen de mobiliteitssector en cluster 6-industrie betrokken. In het hoofdstuk 'Industrie' is als doelstelling opgenomen om te onderzoeken hoe de inzet van waterstof gerealiseerd kan worden bij bedrijven die niet in één van de 5 industrieclusters zijn gelegen (met name in cluster 6) in de periode 2025-2030.

De transportleidingen van Gasunie Transport Services (GTS) en de distributienetten van de regionale netbeheerders zijn onmisbaar om ook de andere bedrijven (waaronder in cluster 6), mobiliteit (waaronder tankstations), landbouw en de gebouwde omgeving tijdig te voorzien van waterstof. Een belangrijk element bij de ontwikkeling van dit deel van het net, is de nettopologie. Waar de hogedrukleidingen van GTS redundant (dubbel, als back-up) zijn aangelegd, geldt dat voor het regionale transportleidingnet en distributienetten niet.

Daarnaast is het belangrijk om in het regionale domein te onderzoeken hoe waterstof een oplossing kan zijn voor congestie op het elektriciteitsnet, waarbij elektrolyzers, onder de juiste voorwaarden, een bijdrage kunnen leveren.

Ontwikkeling offshore waterstofinfrastructuur

Zoals in het eerdere hoofdstuk Productie beschreven, is het nodig om al rond 2030 stappen te zetten met grootschalige offshore elektrolyse. Deze offshore geproduceerde waterstof zal zodoende ook met buisleidingen naar land getransporteerd moeten worden. Het offshore waterstofnetwerk zal aan moeten sluiten op het landelijk waterstofnetwerk op land. Hiervoor is onderzoek nodig naar de technische, economische haalbaarheid en naar de marktordening hiervan. EZK heeft al aangekondigd nog dit jaar te starten met een onderzoek naar een publiek waterstofnet op zee.

Waterstofkwaliteit

Net als bij aardgas kan de kwaliteit van waterstof verschillen door de specifieke productiemethode en oorsprong. Voor het transportnet voor waterstof gelden identieke kwaliteitseisen voor zowel invoeding als onttrekking. Deze kwaliteitseisen richten zich op het minimale waterstofgehalte en de maximaal toegestane concentratie aan sporenelementen en verontreinigingen in de waterstof. Deze kwaliteitseisen kunnen van invloed zijn op de kosten die partijen moeten maken om waterstof te mogen invoeden op het net. De zuiverheid van de waterstof verschilt immers per productieproces. Dit geldt ook aan de afnamekant: de vereiste zuiverheid verschilt per eindtoepassing. Daarbij speelt het dilemma dat een lage zuiverheidseis voor waterstof bij invoeding wellicht de toegankelijkheid tot het transportnet voor invoeders vergroot, maar de groep aan mogelijke afnemers verkleint doordat zij met hogere zuiveringskosten worden geconfronteerd. En omgekeerd. Om tot zo optimaal mogelijke kwaliteitseisen voor de waterstof in het transportnet te komen, hebben de adviesbureaus KIWA en DNV een advies uitgebracht.

Op basis van onder meer afwegingen rond beoogde toepassingen, kostenoptimalisatie en interviews, adviseren KIWA en DNV om voor de korte termijn een minimale waterstofzuiverheid van 98 molprocent te hanteren. Voor toepassingen waarvoor een hogere waterstofzuiverheid vereist is, bijvoorbeeld brandstofcellen in mobiliteit, is een zuiveringsstap vereist door de afnemende

³³ Zie bronnenlijst

partij. Ook adviseren de bureaus om 3 jaar na ingebruikname van het waterstoftransportnetwerk de specificaties opnieuw vast te stellen. Daarbij kan rekening worden gehouden met innovaties in de productie- en zuiveringsmethodieken, ontwikkelingen in de waterstofmarkt, Europese normontwikkeling voor specificaties en de daadwerkelijke contaminaties afkomstig van het transportnetwerk.

Opslag

Met de huidige ambitie van 3-4 GW elektrolyse vermogen in 2030 zijn er 3 tot 4 zoutcavernes met een totale opslagcapaciteit van 750-1000 GWh nodig³⁴. Een verhoogde ambitie, zowel op nationaal als Europees niveau, zou al voor 2030 kunnen leiden tot een grotere behoefte aan opslag. Na 2030 groeit de behoefte mogelijk verder tot tientallen zoutcavernes (TNO, EBN³⁵). Na 2030 kan opslag mogelijk ook gaan plaatsvinden in lege gasvelden die een aanzienlijk groter opslagpotentieel hebben dan zoutcavernes. Ondergrondse opslag³⁶ (in cavernes en/of gasvelden) kan dan mogelijk ook op offshore ondergrondse locaties plaatsvinden (TNO, EBN)³⁷.

De diepe ondergrond (ongeveer 1-3 km diepte) biedt de mogelijkheid om waterstof op grote schaal op te slaan, zoals dat nu al het geval is met aardgas. Bij ondergrondse waterstofopslag (in gasvorm) worden 3 functies onderscheiden:

- **kort-cyclische opslag** om tijdelijke overschotten in vraag of aanbod op te vangen (uren tot 2 weken);
- **seizoensopslag** om seizoenfluctuaties in vraag en aanbod op te vangen (weken tot maanden);
- **lang-cyclisch** om de voorzieningszekerheid te waarborgen in geval van calamiteiten.

Bovengrondse waterstofopslag in tanks kan alleen voorzien in de behoefte aan kortdurende opslag. Hierbij kan de waterstof in verschillende vormen worden opgeslagen, onder meer als ammoniak of als vloeibare waterstof.

Tot op heden wordt ondergrondse opslag van waterstof nog nergens ter wereld ingezet om het energiesysteem te ondersteunen. Op enkele locaties in de Verenigde Staten (VS) en het Verenigd Koninkrijk (VK) is wel ervaring met de opslag van waterstof in zoutcavernes voor levering aan de industrie. Momenteel wordt wereldwijd onderzoek gedaan naar de technische haalbaarheid en mogelijke effecten van waterstofopslag in zoutcavernes en lege gasvelden, als oplossing voor het bieden van flexibiliteit en leveringszekerheid in het energiesysteem. Meerdere pilotprojecten in onder meer Nederland (HyStock), Duitsland en Frankrijk zijn gericht op het testen en valideren van opslag in zoutcavernes. Daarbij staat de integriteit van de caverne en gebruikte putten én de veiligheid van opslag centraal. Naar verwachting zijn de eerste volwaardige opslaglocaties voor 2030 in gebruik. Opslag van (pure) waterstof in lege gasvelden is technisch minder vergevorderd. In de komende jaren komen naar verwachting de eerste (internationale) pilots van de grond die dit gaan testen. Naast veiligheid in het algemeen, richten de technische en operationele uitdagingen zich met name op de mogelijke ondergrondse omzetting van waterstof door chemische en microbiologische processen. Verder wordt het vermogen van gasvelden om waterstof voor langere periode vast te houden (door afsluiting) onderzocht, net als de terughaalbaarheid en zuiverheid van opgeslagen waterstof en de geschiktheid. En integriteit van bestaande gasputten en gebruikte materialen. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van kussengas en de technische en economische inzet hiervan binnen de context van het energiesysteem. Volwaardige opslaglocaties in gasvelden zullen waarschijnlijk pas ruim na 2030 beschikbaar komen. In het algemeen moet rekening worden gehouden met lange aanlooptijden van grootschalige opslagprojecten die op kunnen lopen tot 10-15 jaar. Dit geldt zowel voor opslag in cavernes als voor opslag in gasvelden.

³⁴ Opslagcapaciteit van 250 GWh per caverne van met geometrisch volume van 1.000.000 m³

³⁵ TNO/EBN, 2021: Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050; technische evaluatie van vraag en aanbod

³⁶ Zie bronnenlijst

³⁷ TNO/EBN, 2022: Haalbaarheidsstudie Offshore Ondergrondse Waterstofopslag

Naast de opslag van gasvormig waterstof zijn, in combinatie met de import van waterstof, andere bovengrondse vormen van waterstofverbindingen of vloeibare waterstof mogelijk. De komende jaren wordt dit verder in kaart gebracht.

4.2 Detail-routekaart Infrastructuur en Opslag

4.2.1 Fase 2022-2025

Doelen

- Ontwikkeling en ingebruikname van de eerste delen van het transportnet op basis van *Expressions of Interest* uit de verschillende industrieclusters en door bedrijven getekende contracten.
- Inzichtelijk maken van de publieke belangen ten aanzien van distributienetten en de marktordening voor distributienetten.
- Masterplan waterstofnetwerk op zee en besluit HNO op zee gereed.
- Eén opslagcaverne gereed en gekoppeld aan het transportnet in 2025-2026. Ontwikkeling van de volgende 3 opslagcavernes gestart.
- Vergunningentraject voor 4 opslagcavernes gereed.
- Financiële ondersteuning voor opslag via IPCEI klaar.
- Wetswijziging demonstratieprojecten waterstofdistributie gereed ten behoeve van de ontwikkeling van waterstof in industrie, mobiliteit en gebouwde omgeving in het regionale domein.

Acties

- In 2022 moet de rol van HNS als ontwikkelaar en beheerder van het transportnet formeel worden vastgelegd, middels het belasten van HNS met een Dienst van Algemeen Economisch Belang.
- Een subsidiebeschikking van maximaal € 750 miljoen moet aan HNS worden beschikt in de tweede helft van 2022, onder de voorwaarden opgelegd onder de Dienst van Algemeen Economisch Belang. Dit zijn:
 - het ontwikkelen van een transportnet op de juiste plaats en tijd, met oog voor de publieke belangen van duurzaamheid, betaalbaarheid, leveringszekerheid, veiligheid en ruimtelijke inpasbaarheid;
 - het voeren van gepaste tarieven om overwinsten ten koste van gebruikers van het net en afnemers van waterstof te voorkomen.
 - het verlenen van toegang tot het net op non-discriminatoire wijze door middel van het dragen van transparante tarieven.
- Ontwikkelen van voorwaarden voor gebruik van het net, betreffende het tarief, het toegangsregime en de kwaliteitscriteria. Dit dient vastgelegd te worden in de subsidiebeschikking en opgenomen in het transportcontract.
- Een marktconsultatie organiseren met betrekking tot de kwaliteitseisen voor het transportnet.
- Vaststellen van de kwaliteitscriteria waterstof voor het transportnet (zuiverheid, maximale verontreiniging).
- Een verkenning uitvoeren naar verhouding aanlanding elektrisch/waterstof (Programma VAWOZ 2031-2040).
- Onderzoek doen naar publiek offshore netbeheer ten behoeve van waterstoftransport op zee.
- Ontwikkelen van Europese regelgeving voor een waterstofinfrastructuur op basis van een herziening en herschikking van de Europese Gasrichtlijn³⁸ en Gasverordening³⁹ met gemeenschappelijke regels voor de interne markten voor hernieuwbaar gas, aardgas en

38 COM (2021) 803: Procedure 2021/0425/COD

39 COM (2021) 804: Procedure 2021/0424/COD

waterstof. Hiervoor is al een Fiche⁴⁰ geschreven naar een voorstel van het Europees Parlement en de Europese Raad.

- Bezien op welke wijze en tegen welke voorwaarden de aansluiting van cluster 6-bedrijven en waterstof tank- en bunkerstations op het transportnet en/of het distributienet gerealiseerd kan worden.
- In 2023 onderzoeken hoe de ontwikkeling van distributienetten vormgegeven kan worden, om waterstof van het transportnet te betrekken en fijnmaziger te transporteren naar de mobiliteitssector (tankstations), decentrale industrie (waaronder cluster 6) en kleinverbruikers. Er lopen momenteel enkele pilots in de gebouwde omgeving. Ook de bevoorrading van tankstations gebeurt in de toekomst vaak via een pijpleiding.
- Een vergunningentraject voor het transportnet en ondergrondse waterstofopslag afmaken, inclusief omgevingsproces (Rijkscoördinatieregeling-proces).
- Nader onderzoeken wat er aanvullend aan bovengrondse en ondergrondse waterstofopslagcapaciteit nodig is met de verhoogde waterstofambities van de Europese Commissie (EC) en de verwachte ontwikkeling van de waterstofmarkt na 2030.
- Nader evalueren van gewenste ondergrondse waterstofopslag opties en hun impact/rol in het energiesysteem.
- Verder uitgewerkte screening van mogelijke opslaglocaties (in zoutcavernes en gasvelden) op basis van meer afgebakende criteria.
- De mogelijke effecten en risico's van waterstofopslag onderzoeken in (conglomeraties van) zoutcavernes en in gasvelden, inclusief de mogelijke interactie met andere vormen van ondergrondse (energie)opslag of andere mijnbouwactiviteiten.
- Overheids- en marktpartijen verkennen deelpilots voor waterstofopslag in gasvelden (bijvoorbeeld injectie-/productietests) en voeren deze uit.
- Mogelijkheden onderzoeken om gezamenlijk opslagcapaciteit met Duitsland te ontwikkelen.
- Toezicht op regels voor waterstofopslag vastleggen in wet- en regelgeving.
- Onderzoeken op welke manier waterstof een oplossing kan zijn voor de netcongestie.

Mijlpalen

- Teken van een transportcontract tussen HNS en een marktpartij.
- Ingebruikname van het eerste deel van de infrastructuur, dat de verbinding tussen de kustclusters en de opslaglocatie in Noord-Nederland legt.
- Eerste interconnector met Duitsland openen, waarmee het transport van waterstof over de grens start.
- Rijkscoördinatieregeling-procedure voor ondergrondse opslaglocaties afgerond. Definitief besluit over de eerste (3 tot 4) opslagcavernes.
- Uitwerking van mogelijkheden voor (gedeelde) waterstofopslagcapaciteit in buitenland, met focus op Duitsland.
- Eerste opslagcaverne op land gekoppeld aan het transportnet.
- Ontwikkelpad waterstofkwaliteit gereed.
- Eerste testen voor waterstofopslag in gasvelden geïnitieerd.
- De eerste woningen worden verwarmd met waterstof (demonstratieprojecten in de gebouwde omgeving 'live').

Randvoorwaarden

- Een flexibele aanpak is nodig om leegstand te voorkomen en tijdig infrastructuur te realiseren op locaties met concrete behoefte vanuit marktpartijen.
- Belangrijk is dat marktpartijen tijdig hun interesse en behoeften aangeven bij HNS en zich ook committeren door het tekenen van transportcontracten.
- Voor transport, distributie en opslag is veiligheid, de kosten kunnen afdekken, wet- en regelgeving en maatschappelijk draagvlak van belang.

40 Tweede Kamer, vergaderjaar 2021–2022, 22 112, nr. 3314

4.2.2 Fase 2025-2030

Doelen

- Verdere uitrol van het transportnet door verbinding met industriecluster Chemelot in Limburg en de ingebruikname van een tracé tussen Zeeland en Limburg.
- In deze fase moeten de eerste 3 tot 4 onshore zoutcavernes volledig worden gerealiseerd en richting 2030 moeten ze operationeel zijn. De vervolglocaties (cavernes en gasvelden) worden bepaald en plannen worden gemaakt om ze verder te ontwikkelen (onshore, offshore, buitenland).
- De eerste bovengrondse opslaglocaties van waterstof(dragers) worden ontwikkeld (tenminste voor ammoniak en vloeibare waterstof).
- De eerste koppelingen van het transportnet op regionale netten worden gerealiseerd.
- De 2 grotere ervaringsprogramma's in de gebouwde omgeving (Hoogeveen, Stad aan 't Haringvliet) zijn operationeel.
- Eerste planvorming vindt plaats voor de uitrol van een distributie-infrastructuur voor cluster 6 en de sector mobiliteit.

Acties

- Implementeren van Europese regelgeving met de Gasrichtlijn en Gasverordening, rond 2025 in Nederlandse wetgeving. Dit betekent dat:
 - HNS wordt aangewezen als netbeheerder in 2025;
 - de taak van de Autoriteit Consument en Markt (ACM) als toezichthouder in de wet wordt verankerd.
- Als de onderzoeken van de eerste fase rondom de opslag in gasvelden veelbelovend zijn, kan er een vervolgpilot in deze fase worden uitgevoerd, met daadwerkelijk opslag van waterstof in een gasveld in Nederland.
- Als de onderzoeken van de eerste fase rondom opslagcapaciteit in Duitsland veelbelovend zijn, kan er in deze fase concrete opslagcapaciteit voor de Nederlandse markt worden ontwikkeld in samenwerking met Duitsland en afhankelijk van groei opslagbehoefte.
- Introduceren van de wettelijke bevoegdheid van de ACM om aanvullende richtlijnen te ontwikkelen wanneer er rond 2025 een wettelijk kader bestaat voor het beheer van het transportnet.
- Met de ACM werken richting een stelsel van gereguleerde toegang van derden, waarna (voorzien rond 2031) de ACM volledig mandaat krijgt om beoogde investeringen door HNS te toetsen en toe te zien op de naleving hiervan.

Mijlpalen

- Opleveren van een compleet, robuust transportnet waarmee vrijwel alle industriële clusters via 2 routes benaderd kunnen worden.
- De tweede tot en met de vierde onshore opslagcaverne wordt gereed en operationeel gemaakt.
- Een afwegingskader voor waterstofopslag (flexibele aanpak met een stappenplan gebaseerd op mogelijke ontwikkelscenario's).
- Een eerste volwaardige pilot voor waterstofopslag in gasvelden is gestart (alleen als deze vorm van opslag nodig/mogelijk blijkt te zijn).
- De ontwikkeling van gedeelde waterstofopslagcapaciteit in cavernes met Duitsland.

Randvoorwaarden

- Doorontwikkeling van vraag en aanbod, groei van te transporteren en op te slaan volumes.
- Infra voor import en export (zie thema Import).
- Voor ondergrondse opslag: goed begrijpen van de effecten en risico's, veiligheid, het afdekken van de kosten en maatschappelijk draagvlak.
- Een duidelijk beeld van meervoudig gebruik van de Noordzee; ontwikkeling van infrastructuur en energie-eilanden, hergebruik van bestaande infrastructuur.

4.2.3 Fase na 2030

Doelen

- Verdere doorgroei van de infrastructuur voor transport, opslag en importafhankelijk van hoe de markt zich gaat ontwikkelen.
- Er ontstaat een geïntegreerde Europese transport- en opslaginfrastructuur voor waterstof.
- Opschaling van ondergrondse waterstofopslag in cavernes, gasvelden en/of buitenland voor zover mogelijk gebleken en afhankelijk van groei opslagbehoefte (per type functie).
- Waterstof inzetten in de bestaande gebouwde omgeving (naast all-electric en warmtenetten)
- Verdere ontwikkeling van een distributie infrastructuur voor het 6^e industrie cluster, mobiliteit en gebouwde omgeving.
- Waterstofinfrastructuur op zee gereed voor offshore elektrolyse op Gigawatt-schaal.

Acties

- Verstrekken van volledig mandaat aan de ACM, om beoogde investeringen door HNS te toetsen en toe te zien op de naleving hiervan. Start van de fase van gereguleerd netbeheer, met de ACM als onafhankelijke toezichthouder.
- Om verdere vergroting van te transporteren volumes mogelijk te maken en te blijven voorzien in de vraag naar waterstof, is de toevoeging van compressoren voor het vergroten van de capaciteit van pijpleidingen nodig. Ook moeten additionele leidingen op de tracés betrokken worden, inclusief offshore en regionale distributienetten en zuiveringsinstallaties voor het gebruik in brandstofcellen.
- Implementatie van een visie voor de ontwikkeling/opschaling van ondergrondse waterstofopslag in cavernes, gasvelden en het buitenland - voor zover mogelijk gebleken en afhankelijk van de groei van opslagbehoefte (bepalen hoe wordt omgegaan met eventueel marktfalen).

Mijlpalen

- Gereguleerd netbeheer met de ACM als toezichthouder (voorzien vanaf 2031).
- Verdere vergroting van de capaciteit van het net door toevoegen van compressoren; het betrekken van additionele leidingen op de tracés, inclusief offshore en regionale distributienetten.

Randvoorwaarden

- Verdere ontwikkeling van vraag naar en aanbod van waterstof.
- Voor ondergrondse opslag: effecten, risico's en mitigatie daarvan goed begrepen, veiligheid, alle randvoorwaarden voor een werkend marktmodel/kosten afdekken (per type functie), maatschappelijk draagvlak.



- Het Rijk stelt heldere beleidsdoelen voor 2030 en ontwikkelt passend instrumentarium voor de inzet van hernieuwbare en koolstofarme waterstof in de industrie.
- De industrie bereidt projecten voor betreffende inzet van waterstof en brengt (in samenwerking met onderzoeksinstellingen) benodigde nieuwe technologieën tot volwassenheid.
- In 2025 wordt hernieuwbare en koolstofarme waterstof ingezet als grondstof in bestaande toepassingen van waterstof, met name in raffinage en chemie.
- Richting 2030 wordt inzet van waterstof verder opgeschaald om het RED II-doel te behalen, waaronder in nieuwe toepassingen als brandstof en in productie van staal.
- De industrie en het Rijk monitoren vraag naar en aanbod van waterstof, om onbalans te voorkomen en nemen gerichte maatregelen om knelpunten weg te nemen.

5.1 Beschrijving thema Toepassingen in de Industrie

De Nederlandse industrie consumeert naar schatting 180 petajoule (PJ) waterstof per jaar en is na Duitsland de grootste waterstofgebruiker binnen de Europese Unie.^{41 42}

De huidige vraag naar waterstof wordt grotendeels ingevuld met fossiele waterstof. Dit gaat gepaard met aanzienlijke CO₂-emissies. Het vervangen van fossiele waterstof door hernieuwbare en koolstofarme waterstof wordt een belangrijke stap in de verduurzaming van de industrie. Daarnaast ontstaan in de transitie naar een duurzame samenleving ook nieuwe industriële toepassingen voor waterstof, door de ontwikkeling van nieuwe industriële productiemethoden en het ontstaan van nieuwe productketens.

Het tempo waarmee hernieuwbare en koolstofarme waterstof in de industrie wordt ingezet en het volume aan waterstof dat hiervoor nodig is, laten zich moeilijk voorspellen. Dit hangt onder meer af van de toekomstige prijs en kosten van zowel hernieuwbare en koolstofarme waterstof (in verschillende regio's in de wereld), als dat van andere duurzame technologieën. En verder van de benodigde randvoorwaarden, zoals het beleidskader en de benodigde infrastructuur. De inzet van waterstof hangt ook samen met de strategie voor ontwikkeling en behoud van de industrie in Noordwest-Europa. Industriële partijen kunnen overwegen om hun productieproces te verhuizen naar regio's waar energie, grondstoffen en waterstof goedkoper zijn (zie hoofdstuk Import). De themagroep Toepassingen Industrie schetst in dit hoofdstuk op hoofdlijnen haar visie op hoe dit proces zal verlopen. Als vertrekpunt wordt een beeld van de huidige situatie geschetst en hierop wordt voortgeborduurd om een doorkijkje te geven richting de toekomst. Er worden concrete doelen geformuleerd voor 2030 en er wordt ingegaan op de daarvoor benodigde acties en randvoorwaarden in de komende jaren.

5.2 Detail-routekaart Toepassingen Industrie

Op dit moment wordt waterstof binnen de industrie ingezet als grondstof en als energiedrager. De specifieke toepassing bepaalt de vereiste zuiverheid van de waterstof. Waterstof wordt zowel in (relatief) pure vorm als in gasmengsels gebruikt. In het laatste geval gaat het met name om methaanrijke restgassen, die als bijproduct vrijkomen bij sommige industriële processen, en in de vorm van synthetisch gas (syngas) dat bestaat uit waterstof en koolmonoxide (CO) en gebruikt wordt bij de productie van verschillende chemicaliën.

41 TNO/CBS (2020), 'The Dutch hydrogen balance, and the current and future representation of hydrogen in the energy statistics'

42 Cijfers zijn van toepassing op de situatie van voor de huidige energiecrisis. Het is vooralsnog onduidelijk hoe de huidige hoge energieprijzen deze volumes (tijdelijk) hebben beïnvloed

Tabel 5.1 **Geschatte volumes huidig gebruik waterstof in Nederland uitgesplitst naar toepassing en cluster (TNO/CBS, 2020).**

Huidige toepassingen			Cluster			
	PJ _{LHV} /j	Aandeel	Zuiverheid		PJ _{LHV} /j	Aandeel
Grondstof	152	84%		Rotterdam/Moerdijk	77	43%
Raffinage	65	36%	Puur	Zeeland	60	33%
Ammoniak	58	32%	Puur	Chemelot/Limburg	25	14%
Methanol	12	7%	Mengsel (syngas)	Noord-Nederland	13	7%
Overig ^a	17	9%	Puur	Noordzeekanaalgebied	5	3%
Brandstof	28	16%	Mengsel (restgassen)			
Totaal	180	100%		Totaal	180	100%

^a De categorie 'overig' behelst een veelvoud van kleinschalige toepassingen van waterstof waaronder in de productie van metalen, chemicaliën, voedingsmiddelen, biobrandstoffen, elektronica en glas.

Vrijwel alle waterstof wordt geproduceerd in de buurt van de eindgebruikers. Hiervoor zijn lokale netwerken aangelegd waarin waterstof getransporteerd wordt met de zuiverheid waar er binnen dat specifieke cluster behoefte aan is. Alle industriële clusters hebben in hun Cluster Energie Strategie (CES) aangegeven dat hernieuwbare en koolstofarme waterstof een belangrijke rol gaat spelen in hun verduurzamingsstrategieën. Een directe, volledige overstap van fossiele waterstof naar hernieuwbare waterstof voor de gehele industriële sector wordt op de korte termijn onrealistisch geacht, gelet op de maximale uitroolsnelheid van elektrolyseprojecten en importketens, en de (tijds) beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit voor waterstofproductie. De industrie schetst een transitiepad van fossiele waterstof via koolstofarme waterstof (fossiel geproduceerd met toepassing van CCS) richting hernieuwbare waterstof.

De toekomstige waterstofvraag vanuit de industrie is erg moeilijk in te schatten. In de eerste versie van de CES'en in 2021 wordt de productiekant van vooral hernieuwbare waterstof goed gearticuleerd, maar de vraagkant van waterstof veel minder. De CES'en worden momenteel geactualiseerd op basis van de laatste ontwikkelingen en zullen naar verwachting meer duidelijkheid geven over de vraagontwikkeling van zowel hernieuwbare als koolstofarme waterstof. Het RED II-doel vertaalt zich naar 40-80 PJ voor RFNBO's voor 2030, afhankelijk van de uitkomst van de lopende onderhandelingen over de hoogte en definitie van het doel.⁴³ Dit doel bepaalt de minimale vraag vanuit de industrie voor 2030.

Een relatief groot gedeelte van het huidige waterstofgebruik maakt deel uit van geïntegreerde industriële activiteiten en kan om die reden niet gemakkelijk op korte termijn worden vervangen door RFNBO's. Naar schatting kan ongeveer 50 PJ RFNBO's relatief makkelijk worden ingezet. Met name ter (gedeeltelijke) vervanging van waterstofproductie uit aardgas en in de ammoniak- en methanolindustrie.⁴⁴ Hogere volumes zijn mogelijk, maar vereisen grote veranderingen aan de verwerkingsinstallaties van de industrie. De uiteindelijke hoogte en definitie van het RED II-doel bepaalt daarom de grootte van de uitdaging voor de industrie.

Het invullen van de vraag naar de verschillende typen waterstof vanuit de industrie tijdens de transitie vereist planning en afstemming met de overige delen van de waterstofketen, inclusief de productie, importketens en infrastructuur. Zo kunnen tijdig de benodigde volumes waterstof

⁴³ Zie tabel 9.1 in het hoofdstuk Beleidskader voor nadere toelichting.

⁴⁴ De bovengrens van 50 PJ geldt voor RFNBO's. Koolstofarme waterstof kan in grotere volumes worden ingezet via toepassing van CCS op bestaande waterstoffabrieken.

gewaarborgd worden op de locaties waar deze nodig zijn. Naar verwachting komt de vraag naar waterstof niet alleen vanuit de 5 grote industriële clusters, maar ook vanuit de bedrijven uit cluster 6 die zich op verschillende decentrale locaties in Nederland bevinden.

Waterstofinzet als grondstof

De toepassing van waterstof als grondstof vindt op dit moment voornamelijk plaats binnen de raffinagesector en de chemische industrie. Binnen de raffinagesector wordt waterstof onder meer gebruikt voor het kraken van grote moleculen, het verwijderen van onzuiverheden (zwavel en stikstof) en het verzadigen van onverzadigde koolwaterstoffen. Elk van deze processen stelt hoge eisen aan de kwaliteit en de zuiverheid van de waterstof (>98% puur), omdat gebruik wordt gemaakt van katalysatoren die zeer gevoelig zijn voor onzuiverheden. Daarnaast wordt waterstof op grote schaal toegepast voor de synthese van chemicaliën, waaronder waterstofperoxide, methanol, biofuels en ammoniak dat hoofdzakelijk gebruikt wordt voor de productie van kunstmest. Bij een aantal van deze synthesesroutes is het gebruik van syngas mogelijk: een gasmengsel met een lagere waterstofzuiverheid, omdat ook een bron van koolstof nodig is in het eindproduct. Verder wordt waterstof ingezet als grondstof in tal van andere sectoren, waaronder in de productie van voedingsmiddelen, biobrandstoffen, overige chemicaliën, glas, metalen en elektronica.

De toekomstige waterstofvraag is sterk gekoppeld aan de ontwikkeling van bovenstaande sectoren en is daarom moeilijk in te schatten. Wel is de verwachting dat de vraag voor conventionele olieraffinage op de lange termijn afneemt, als gevolg van de verwachte toename van elektrisch transport en synthetische brandstoffen. Ook is het aannemelijk dat bedrijven ervoor kiezen om bepaalde stappen in hun industriële proces te verplaatsen naar landen waar hernieuwbare en koolstofarme waterstof(dragers) goedkoper geproduceerd kunnen worden. Denk hierbij aan de productie van hernieuwbare of koolstofarme ammoniak, die vervolgens geïmporteerd wordt om hier in vervolgprocessen omgezet te worden naar kunstmest.

Toekomstige industriële toepassingen van waterstof als grondstof richten zich hoofdzakelijk op de productie van staal en synthetische koolwaterstoffen. Bij staalproductie kan waterstof worden gebruikt als reductor om ijzererts om te zetten in ruwijzer, op basis van de Direct Reduced Iron-technologie (DRI). Staalbedrijf Tata Steel Nederland (TSN) heeft de ambitie uitgesproken om de huidige hoogovenstechnologie (op basis van kolen) te vervangen door DRI-installaties (inclusief elektrische ovens) en deze in 2030 deels te laten draaien op hernieuwbare waterstof, naast het tijdelijk gebruik van aardgas.⁴⁵ De DRI-technologie is commercieel beschikbaar en kan in principe draaien op een mix van aardgas en waterstof (tot 80%), al wordt dit momenteel nog nergens op grote schaal gedaan. De transitie van hoogoven- naar DRI-technologie vereist een grootschalige aanpassing van de TSN-site, inclusief de integratie met *downstream*-activiteiten. Om ook de laatste 20% aan aardgas te vervangen door waterstof zijn additionele, innovatieve maatregelen nodig.

Op de langere termijn kan waterstof (in pure of gemengde vorm) – samen met koolstof uit afgevangen CO₂, biomassa of afval – als grondstof worden gebruikt voor de productie van synthetische chemicaliën en brandstoffen. Momenteel worden deze producten gemaakt van aardolie en aardgas. Meerdere pilot- en demonstratieprojecten zijn de afgelopen jaren operationeel geworden, met name in Europa. Gelet op de hoge meerkosten ten opzichte van fossiele koolwaterstoffen zullen deze producten naar verwachting pas na 2030 op grote schaal de markt betreden. Meer demonstratieprojecten en innovatieve maatregelen zijn nodig om de technologieën verder te ontwikkelen en kosten te reduceren.

⁴⁵ Roland Berger (2021), Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden in opdracht van Tata Steel Nederland & FNV, zie bronnenlijst

Waterstofinzet als energiedrager

De energiebehoefte van de industriële processen binnen de Nederlandse industrie wordt op dit moment grotendeels ingevuld door de verbranding van aardgas en industriële restgassen in fornuizen, ketels en warmtekrachtkoppeling-installaties (WKK).

Om de CO₂-doelstellingen voor de industrie te halen is het nodig om de energiebehoefte van industriële processen anders in te gaan vullen. Een deel van de warmtevoorzieningen wordt geëlektrificeerd, maar het is op dit moment nog niet mogelijk om de volledige energiebehoefte van de industriële processen met directe elektrificatie in te vullen. Het elektrificeren van warmte van hoge temperatuur is op dit moment technisch uitdagend. Naar verwachting neemt waterstof in de toekomst de rol van aardgas als brandstof (deels) over. Ook kan waterstof een oplossing bieden in gebieden waar congestie op het elektriciteitsnet problemen creëert voor de te verwachten toename van het elektriciteitsverbruik door het elektrificeren van processen.

Industriële restgassen die momenteel worden ingezet om in de energiebehoefte te voorzien van industriële processen, kunnen worden omgezet naar koolstofarme waterstof in een reformer, waarbij de CO₂ ondergronds wordt opgeslagen (CCS). De waterstof kan vervolgens als alternatief voor de restgassen worden ingezet in de fornuizen, ketels en WKK-installaties. Deze verduurzamingsroute is een bewezen technologie en verschillende projecten zijn momenteel in ontwikkeling. Deze route is ook een optie voor biogene processen, waarbij de ondergrondse opslag van CO₂ kan leiden tot zogenaamde negatieve emissies, oftewel een de facto verwijdering van CO₂ uit de atmosfeer. Op de lange termijn kan elektrificatie eventueel ook een alternatief vormen voor de inzet van de restgassen als brandstof, mits er een alternatieve commerciële toepassing voor de (koolstofarme waterstof uit) restgassen gevonden wordt. Het alternatief is dat deze restgassen moeten worden afgefakkeld, waarbij de CO₂ en eventuele andere broeikasgassen alsnog vrijkomen.

Bijmengen van waterstof in de voeding van verbrandingsinstallaties en warmtekrachtinstallaties kan tot lage percentages, zonder dat de installaties aangepast hoeven worden. Bij hogere concentraties waterstof is het technisch aanpassen van de installaties wél nodig om problemen in de operatie te voorkomen. Ook is de vlamtemperatuur van waterstof hoger dan die van de huidige gassen, waardoor verhoogde NO_x-vorming plaatsvindt. NO_x-verlagende maatregelen zoals het verlagen van de vlamtemperatuur, het bijmengen van zuurstof en het circuleren van rookgas zijn nodig om deze toename in NO_x-emissies op te lossen. Deze gaan vaak wel ten koste van de efficiëntie. Verder kunnen aanpassingen nodig zijn aan de *analyzers*, vlamdetectieapparatuur, automatische veiligheidssystemen en het gasnet binnen de fabriek.

De vereiste zuiverheid van waterstof als brandstof ligt aanzienlijk lager dan wanneer deze wordt ingezet als grondstof. In principe kan een mengsel van waterstof ook met aardgas worden verbrand, mits de branders daarvoor geschikt zijn. De grootschalige inzet van hernieuwbare en koolstofarme waterstof als brandstof (ter vervanging van aardgas) in nieuwe toepassingen zal naar alle waarschijnlijkheid pas later op gang komen dan de inzet als grondstof (ter vervanging van fossiele waterstof). Dit komt door de hogere meerkosten en de potentieel grotere benodigde volumes. Deze volumes zullen afhangen van de ontwikkeling van de relatieve kosten en technische beschikbaarheid van waterstof versus die van alternatieve koolstofarme brandstoffen, zoals elektriciteit en bio-energie.

5.3 Fase 2022-2025

Doelen

- Inzet hernieuwbare en koolstofarme waterstof in bestaande industriële toepassingen:
 - hernieuwbare waterstof uit ten minste 600 megawatt (MW) elektrolysecapaciteit (productiedoel voor 2025).⁴⁶ Naar verwachting zal dit met name in raffinage worden ingezet, maar eventueel ook al in andere toepassingen zoals ammoniak en methanol;
 - koolstofarme waterstof uit fossiele waterstoffabrieken met CCS gerelateerd aan Porthos-project. Inzet in raffinage en verschillende andere toepassingen.
- Voorbereidingen voor inzet waterstof in nieuwe industriële toepassingen na 2025:
 - waterstoffabrieken met CCS in aanbouw bij raffinaderijen en chemische fabrieken voor omzet industriële restgassen naar koolstofarme waterstof;
 - ontwikkeling technologieën voor inzet pure waterstof in staalproductie en verbrandingsinstallaties.

Acties

Overheid

- Het Rijk geeft zekerheid voor industrie die hernieuwbare en koolstofarme waterstof willen gebruiken door ontwikkeling beleid en wetgevend kader.
 - Voldoende subsidies en financiële prikkels voor de eerste elektrolyseprojecten die in 2025 gerealiseerd kunnen zijn.
 - Het Rijk stelt duidelijke doelen voor waterstofproductie en -gebruik tot en met 2030. Sector wordt hierin geconsulteerd.
 - Vertaling herziene RED II-doel en gedelegeerde handelingen (Fit-for-55-pakket) naar nationaal beleid voor periode na 2025.
 - Ontwikkeling afnameverplichting en/of subsidies voor het gebruik van hernieuwbare waterstof(dragers) in industrie.
 - Opzetten monitorings- en certificeringssysteem voor gebruik hernieuwbare waterstof(dragers).
 - Wetgeving rondom veiligheid gebruik waterstof en waterstofdragers in industrie.
- Het Rijk en de sector doen vraag- en aanbodanalyse van hernieuwbare en koolstofarme waterstof in de industrie richting 2030 en daarna, op basis van geactualiseerde CES'en. Hierbij wordt ook gekeken naar de match qua type waterstof, vereiste zuiverheid, geografische locatie (waaronder in cluster 6) en hoe deze via het transportnetwerk verbonden kunnen worden.
- Rijk en sector wisselen informatie uit over potentiële knelpunten bij waterstofprojecten en formuleren acties om deze te verhelpen.

NWP-deelnemers

- De sector maakt projecties voor toekomstig waterstofgebruik, op basis van bedrijfsplannen en hun projectenportfolio van verduurzamingsprojecten binnen de industrie, en delen deze getallen (via de CES'en of geaggregeerd per sector) met het Rijk. Hierbij wordt ook gekeken naar volumes, type waterstof, vereiste zuiverheid en geografische locatie (zie ook actie Rijk).
- De sector en Rijk nemen stappen ter voorbereiding van de inzet van hernieuwbare en koolstofarme waterstof in nieuwe toepassingen richting 2030.
 - Pilot- en demonstratieprojecten om technologieën tot volwassenheid brengen (in samenwerking met onderzoeksinstellingen), waaronder waterstofbranders in fornuizen, ketels en WKK-installaties, en DRI-installaties die op meer dan 80% waterstof kunnen draaien.
 - Planning en engineering van technische aanpassingen aan bestaande industriële installaties. Tevens bouw van nieuwe installaties, voor waterstofgebruik in 2030, zoals DRI- en luchtscheidingsinstallaties. Verder is aandacht nodig voor aanpassingen aan verbrandingsinstallaties in raffinaderijen en chemische fabrieken, waaronder aan branders

⁴⁶ Naar verwachting zal verreweg het merendeel van de hernieuwbare waterstof uit de 600 MW elektrolysecapaciteit (productiedoel voor 2025) worden ingezet in de industrie

(dual-fuel burner), geautomatiseerde veiligheidssystemen, analyzers en detectieapparatuur. Aanpassen van gasnet en aanleggen nieuw distributienet voor waterstof als brandstof.

Randvoorwaarden

- Duidelijkheid rondom en tijdige beschikbaarheid van de verschillende onderdelen van de hernieuwbare en koolstofarme waterstofketen, evenals het beleid- en wetgevende kader.
 - Ten minste 600 MW elektrolysecapaciteit (productiedoel voor 2025).
 - Fysieke transportinfrastructuur om vraag en aanbod van waterstof te koppelen.
 - Marktordening en wetgeving rondom transport, opslag en importinfrastructuur.
 - Duidelijkheid over Europese duurzaamheidseisen (gedelegeerde handelingen) en bindende Europese waterstofdoelen uit het Fit-for-55%-pakket.
 - Certificeringschema's hernieuwbare en koolstofarme waterstof uit binnen- en buitenland in lijn met de gedelegeerde handeling van de RED II en met het 'Decarbonisation Package' van de Europese Commissie.
- Tijdige beschikbaarheid CCS-infrastructuur en bijbehorende wetgeving.
 - Porthos, het project voor CO₂-transport en opslag in Rotterdam, dat voornemens is om vanaf 2024/2025 jaarlijks ongeveer 2,5 megaton (Mton) CO₂ ondergronds op te slaan en daarnaast noodzakelijk is voor de inzet van de eerste koolstofarme waterstof in de industrie.
 - Marktordening voor grensoverschrijdend CO₂-transport en overtollige CO₂-opslag wettelijk geregeld – onder meer middels bilaterale verdragen met andere landen – om export van afgevangen CO₂ mogelijk te maken.

5.4 Fase 2025-2030

Doelen

- Opschaling inzet hernieuwbare en koolstofarme waterstof in industrie richting 2030, zowel via binnenlandse productie als uit import.
 - 40-80 PJ per jaar (PJ/j) hernieuwbare waterstof(dragers) in de industrie, in lijn met het RED II-doel, met name in raffinage en productie van ammoniak, methanol en staal.⁴⁷
 - Koolstofarme waterstof uit industriële restgassen met CCS voor warmteproductie in raffinage en chemie. Koolstofarme waterstof uit aardgas met CCS ingezet als grondstof in raffinage, chemie en andere toepassingen.

Acties

- Het Rijk herijkt de waterstofdoelen aan zowel aanbod- als vraagkant voor 2030 met jaarlijkse tussendoelen en stelt deze doelen jaarlijks bij op basis van analyses van binnenlandse waterstofvraag.
- Het Rijk en de sector monitoren en onderzoeken de ontwikkeling van waterstof. Dit houdt in:
 - monitoren van vraag naar en aanbod van waterstof om onbalans te voorkomen en nemen gerichte maatregelen om knelpunten weg te nemen;
 - onderzoeken wat de bijdrage is van waterstof – in relatie tot andere verduurzamingsroutes, zoals elektrificatie, CCUS, bio-energie, recycling, efficiency – aan de verduurzaming van de industrie en een robuust CO₂-vrij energiesysteem na 2030.
- De sector spant zich in voor verdere opschaling van waterstof richting 2030. Dit houdt in:
 - de industrie start aanpassingen aan en het bouwen van industriële installaties waarin waterstof wordt toegepast in 2030 (bijvoorbeeld branders, DRI-installaties, luchtscheidingsinstallaties);
 - deelnemers delen knelpunten van grootschalig gebruik van waterstof in de industrie, zoals gerelateerd aan vergunningen en aanpassingen aan industriële installaties;
 - deelnemers en het Rijk onderzoeken hoe de inzet van waterstof bij kleinere bedrijven en afgelegen gebieden (met name in cluster 6) gerealiseerd kan worden.

47 De onderhandelingen lopen nog over de definitie en hoogte van het doel waarin dit doel gehaald moet zijn

- De sector bereidt de inzet van waterstof voor in nieuwe toepassingen voor de periode na 2030. Dit houdt in:
 - de industrie deelt bedrijfsplannen (geaggregeerd per sector) met het Rijk voor het gebruik van waterstof na 2030 in relatie tot andere verduurzamingsroutes (zie ook de actie van het Rijk);
 - de sector en Rijk stimuleren ontwikkeling nieuwe technologieën (in samenwerking met onderzoeksinstellingen) voor het gebruik van waterstof voor de periode na 2030, onder meer via pilot- en demonstratieprojecten:
 - DRI-technologie op basis van 100% hernieuwbare waterstof;
 - synthetische grondstoffen (methanol) en brandstoffen (kerosine, diesel, methanol, ammoniak) voor chemie en zwaar- en langeafstand transport;
 - synthese-olefinen en aromaten uit hernieuwbare methanol voor productieplastics en andere chemicaliën ter vervanging van fossiele productiepaden.

Randvoorwaarden

- Voldoende volumes van hernieuwbare waterstof(dragers) (40-80 PJ/j in 2030) via binnenlandse productie en import in lijn met RED II-doel.
- Kostenreducties van waterstofproductie, met name van elektrolyse.
- Realisatie landelijke transport- en opslaginfrastructuur waterstof zoals gepland.
- Realisatie van infrastructuur voor import en export van waterstof(dragers), inclusief aansluiting op binnenlands waterstofnetwerk en kraakinstallaties voor geïmporteerde ammoniak.
- Realisatie van een handelsplatform voor de waterstofmarkt.
- Verdere uitbouw van binnenlandse en internationale CO₂-infrastructuur, waaronder het CO₂-transport en opslagproject Aramis.

5.5 Fase na 2030

Doelen

- Grootschalige inzet van hernieuwbare en koolstofarme waterstof in de industrie. Dit houdt in:
 - volledige vervanging van bestaande fossiele waterstofproductie en omzetting van resterende fossiele restgassen naar koolstofarme waterstof;
 - een groeiend aandeel hernieuwbare en alternatieve koolstofarme waterstof(dragers) (bijvoorbeeld uit kernenergie, bio-energie, biogene restgassen en afval) in de industrie, terwijl het aandeel koolstofarme waterstof uit aardgas geleidelijk afneemt. De tijdslijn hangt af van de kostenreducties van verschillende waterstoftechnologieën en van de ontwikkeling van energie- en grondstofprijzen;
 - toenemende mate van integratie van industrie met andere sectoren, zoals industrie en transport, in levering van synthetische brandstoffen.
- Het Rijk bouwt financiële ondersteuning van gebruik hernieuwbare en koolstofarme waterstof af zodra deze concurrerend worden en/of er een afnameverplichting is. Financiële ondersteuning wordt beperkt tot innovatieve en kleinschalige toepassingen van waterstof(dragers), die nodig zijn voor verdere verduurzaming van de industrie, zoals synthetische brand- en grondstoffen.
- Het Rijk en de sector verkennen mogelijkheden voor verdere integratie van waterstof in het energiesysteem, waaronder de inzet van restwarmte uit elektrolyse in de industrie.
- De chemische industrie zet in toenemende mate in op duurzame grondstoffen (synthetisch, biogeen, gerecycled). Mogelijkheden voor negatieve emissies via waterstofproductie uit bio-energie met CCS worden verder verkend.
- De industrie zet zich in voor het verder reduceren van CO₂- en stikstofemissies.

Randvoorwaarden

- Een volwassen waterstofmarkt met voldoende aanbod aan hernieuwbare en koolstofarme waterstof(dragers), zowel uit binnen- als buitenland, op de plekken waar de industrie het nodig heeft om te verduurzamen.
- Beleidskader rondom negatieve emissies voor waterstofproductie uit bio-energie met CCS.



6

Thema Toepassingen Mobiliteit

- Opschaling van de productie van hernieuwbare waterstof voor alle transport-modaliteiten via meerjarig beleid, regelgeving en financiële instrumenten. Onder meer door goede inbedding (van hernieuwbare H₂) bij de implementatie van de RED III met een HBE-systematiek (of een soortgelijke systematiek).
- Tijdige realisatie van voldoende productie van hernieuwbare waterstof en (bio-)synthetische brandstoffen en goede, veilige transport- en distributie-infrastructuur voor de verschillende vormen van waterstof(dragers).
- Transparantie tussen private sector en overheid, zodat op tijd passende instrumenten en regelgeving kunnen worden ontwikkeld en barrières in wet- en regelgeving kunnen worden voorkomen/verwijderd, ter stimulering van aanbod en de markt.

6.1 Beschrijving thema Toepassingen Mobiliteit

In het Klimaatakkoord is een doelstelling geformuleerd voor 100% emissieloze mobiliteit in 2050. Mobiliteit op de weg en de binnenvaart zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor ongeveer 26% van de CO₂-uitstoot. Hierbij is de uitstoot van 15 miljard kilo CO₂ van de internationale scheep- en luchtvaart niet meegeteld. Een aanzienlijke reductie van uitstoot van CO₂ in deze segmenten draagt significant bij aan de nationale klimaatdoelstellingen, aan de stikstofreductie-opgaven en overige emissies (zoals fijnstof).

Een belangrijke rol is weggelegd voor waterstof bij het invullen van deze mobiliteitsdoelstelling. Voor lichtere toepassingen, zoals personenauto's en kleine bestelbusjes die weinig range nodig hebben, krijgen batterij-elektrische voertuigen (BEV) vaak de voorkeur. Maar voor transport over grotere afstanden, transport met zwaardere lasten en bij toepassingen met een hogere benodigde beschikbaarheid (inzetbare tijd minus de tank- of laadtijd) en voor toepassingen in de bouwsector is duurzame waterstof een logisch alternatief met veel potentieel. Toepassing ligt voor de hand in het wegvervoer, de binnenvaart, de zeevaart en de luchtvaart. Waterstof is daarnaast een optie voor spoorvervoer dat nog niet geëlektrificeerd is. Zoals bij enkele regionale lijnen, railtransport op industrieterreinen en in havencomplexen. Daarnaast kan waterstof een belangrijke rol spelen in het voorkomen of beperken van de netcongestie of ingezet worden wanneer elektrificatie niet mogelijk is.

Per 2025 wordt de raffinageroute tijdelijk opengesteld. Dit betekent dat duurzaam geproduceerde waterstof kan worden ingezet in raffinaderijen, om zo conventionele brandstoffen te produceren met een lagere CO₂-intensiteit. Hoewel dit de directe uitstoot van de industrie reduceert, draagt het ook bij aan het doel om meer duurzame waterstof in te zetten in de mobiliteit. Sterker nog, zonder raffinageroute is het waterstofdoel uit voorstellen van de Europese Commissie voor de RED III voor de mobiliteit niet haalbaar. Maar ook naast de inzet van waterstof in het productieproces van conventionele brandstoffen, moet een substantieel deel rechtstreeks in mobiliteit worden toegepast. Daarom is het noodzakelijk dat er een versnelling komt in de uitrol van infrastructuur, om zo het directe gebruik van waterstof in de mobiliteitssector mogelijk te maken. Zo kan hernieuwbare waterstof verder bijdragen aan emissieloos vervoer en CO₂-reductie in het eindgebruik.

Het is een forse uitdaging om het potentieel van waterstof volledig en tijdig te benutten. Hiervoor is flinke opschaling vereist op een veelvoud van terreinen.

De belangrijkste opgaven

1. De productie van duurzame waterstof moet flink groeien. Versnelde groei van opwekking van duurzame energie is absoluut nodig. Hetzelfde geldt voor de benodigde elektrolysecapaciteit (zie het hoofdstuk Productie). Omdat de cumulatieve vraag naar duurzame waterstof vanuit de industrie en mobiliteit op Nederlands grondgebied eenvoudig de geplande en ruimtelijk inpasbare productie kan overstijgen, speelt de import van duurzame waterstof een belangrijke rol.
2. De transport- en distributie-infrastructuur voor waterstof moet tijdig worden ontwikkeld. Denk hierbij op nationaal niveau aan het waterstoftransportnet en waterstofopslagfaciliteiten (zie het hoofdstuk Infrastructuur en Opslag). Op regionaal niveau moet distributie-infrastructuur worden aangelegd en er moet een geschikte tankinfrastructuur worden ontwikkeld met voldoende dekking en capaciteit.
3. Uitrol van een transport- en distributienet is ook van groot belang, omdat er grenzen zijn aan het transport van stoffen als waterstof over de weg, over het spoor en over water. Het zogenaamde 'basisnet' stelt normen die niet overschreden mogen worden. Om knelpunten hierin te voorkomen, is ook voor de mobiliteit een dekkend distributienetwerk nodig. Zie hiervoor het hoofdstuk Infrastructuur en Opslag.

4. Waterstofzuiverheid is voor de mobiliteit van cruciaal belang bij gebruik van waterstof in waterstof-elektrische voertuigen. Deze hebben een hoge graad van zuiverheid nodig voor toepassing in de brandstofcellen. Bij directe levering uit een elektrolyser zal die zuiverheid makkelijk controleerbaar en beheersbaar zijn. Als de waterstof echter uit een transport- en distributienet wordt afgenomen, zal de kwaliteit minder goed beheersbaar zijn en zeer waarschijnlijk niet voldoen aan de vereiste kwaliteit. Er moet daarom tijdig worden nagedacht over zuiveringsinstallaties op strategische plekken in het netwerk.
5. Een vijfde opgave is de ontwikkeling van de markt. Het is belangrijk dat eindgebruikers kunnen overstappen op waterstof-aangedreven voertuigen. Of het nu gaat om transport over de weg, de inzet van werk- en voertuigen in de bouwsector, de scheepvaart of de luchtvaart; producenten moeten voldoende voertuigen produceren. En deze voertuigen moeten hun weg kunnen vinden naar de Nederlandse markt. In de vroege fasen van de markt is daarbij enerzijds een effectief ondersteunend instrumentarium vanuit de overheid nodig, zowel financieel als regelgevend. Denk hierbij aan subsidies en milieuzones of zero-emissie-aanbestedingen door de overheid en marktpartijen. En opname van lokaal geproduceerde en geïmporteerde waterstof in de HBE-systematiek. Marktpartijen onderling moeten anderzijds de extra kosten van waterstof ten opzichte van fossiel brandstoffen internaliseren in de *business cases* door inzet over de gehele keten te bedragen.
6. Tenslotte is het van belang dat al deze ontwikkelingen op tijd en parallel in gang worden gezet. Er rest simpelweg nog weinig tijd tot 2030. Opschaling van tankinfrastructuur kan bijvoorbeeld niet wachten tot er voldoende elektrolysecapaciteit of importcapaciteit is gerealiseerd. Productie en import kunnen niet wachten tot er voldoende aanbod is aan voertuigen. Essentieel is dat marktpartijen - de aanbieders van waterstof en voertuigen - en de overheid elkaar over en weer voldoende perspectief en vertrouwen bieden om tot actie over te kunnen gaan. Voor alle genoemde ontwikkelingen geldt dat het van belang is om snel tot uitvoering te komen.

De Europese context

Het gebruik van waterstof in de mobiliteit wordt door de Europese Unie sterk/nadrukkelijk gestimuleerd met beleid en instrumenten. Hierbij gaat het onder meer om de RED II, de herziening daarvan in de RED III, de AFIR en de overkoepelende Fit-for-55- en RePowerEU-voorstellen. Deze leggen lidstaten mogelijk verplichte doelstellingen op voor de toepassing van waterstof in de mobiliteit en bieden instrumenten om het gebruik van duurzame energiedragers, waaronder waterstof, te stimuleren. Daarnaast kent de EU een aantal subsidie-instrumenten die de inzet van duurzame energiedragers stimuleren. Denk hierbij aan CEF en Horizon Europe.

Over de genoemde Europese wetgevingsvoorstellen vinden op dit moment nog onderhandelingen plaats. In alle scenario's vraagt de uitkomst van de onderhandelingen een behoorlijke extra inzet op de toepassing van waterstof in mobiliteit, om de doelstellingen te halen in 2030. De opgaven voor het wegtransport, de luchtvaart, de binnenvaart en de zeevaart worden hierna in aparte hoofdstukken behandeld, omdat er grote verschillen zitten tussen deze sectoren. De opgaven verschillen, de waardeketens zijn anders, alsook de volwassenheid van de techniek (Technology Readiness Levels, TRL).

Waterstof in het wegtransport

In de overwegingen over BEV of FCEV speelt een aantal aspecten mee, zoals energie-efficiency, beschikbaarheid van laadcapaciteit, netcongestie en de beschikbaarheid van grondstoffen. Recente studies op basis van de Life Cycle Analysis (LCA)⁴⁸ komen regelmatig tot de conclusie dat de waterstof- en batterij-elektrische voertuigen elkaar qua duurzaamheid nauwelijks ontlopen. Zeker nu waterstofvoertuigen steeds meer hernieuwbare waterstof gaan gebruiken en de schaarste aan grondstoffen voor batterijen zwaarder gaat wegen. Daarnaast wijzen recente studies uit dat optimalisatie tussen laad- en tankinfrastructuur kan leiden tot substantiële besparing in de kosten van infrastructuur. Bij een 90/10 verdeling tussen batterij elektrisch rijden (BEV) en het gebruik van waterstof (FCEV) in de mobiliteit kan dit voor Nederland leiden tot een besparing in de orde van €8 miljard op de aanleg van infrastructuur.⁴⁹

Strategische en geopolitieke overwegingen kunnen eveneens een rol spelen bij de keuze tussen verschillende energiedragers. Denk aan grondstoffenschaarste en het verminderen van de afhankelijkheid van een klein aantal landen in de levering van grondstoffen en energie. Om de doelen uit het Klimaatakkoord en het Fitfor55-pakket te halen, is het zaak alle soorten zero- en low-EV-technologieën te stimuleren.

Voor toepassingen op de weg is, samen met de private sector, gewerkt aan acties om het gebruik van waterstof in de mobiliteit te stimuleren in die toepassingen waar waterstof een duidelijke toegevoegde waarde heeft in de transitie naar emissieloze mobiliteit. In de sectoren zwaar wegtransport, lichte voertuigen, openbaar vervoer, reinigingsvoertuigen, binnenvaart, doelgroepenvervoer en taxi's zijn met de sector de mogelijkheden voor waterstofmobiliteit geïnventariseerd. Met deze sectoren is een Actieprogramma Waterstof Mobiliteit opgesteld, omdat waterstof in deze toepassingen een logische keuze kan zijn met een grote impact op CO₂-reducties. Het actieprogramma kan tot uitvoering komen zodra de overheid de benodigde middelen beschikbaar stelt en bedrijven in de keten de extra kosten gaan internaliseren. Buiten de hiervoor genoemde sectoren krijgt waterstof steeds meer aandacht in de bouwsector. Daarbij gaat het om mobiele werktuigen waarvan langdurige inzetbaarheid en/of veel beschikbaar vermogen wordt gevraagd door zwaar materieel.

Ook in de regelgeving moet het nodige worden gedaan om de introductie van waterstof in het zwaar transport te bespoedigen. Zoals bijvoorbeeld het aanpassen van beperkingen in de lengte van trekker-trailer-combinaties. De waterstoftanks op het voertuig vragen meer ruimte dan meestal beschikbaar is op bestaande trucks. Dit gaat ten koste van de laadlengte of het laadvolume van vrachtwagens. En daarmee van de exploitatie van dergelijke combinaties, waar iedere vierkante meter telt. Belemmeringen in richtlijnen voor bijvoorbeeld maten en gewichten moeten daarom tijdig weggenomen worden om, zoals in de beschreven situatie, de *business-case* voor waterstof hierdoor niet te laten verslechteren.

Waterstof bevindt zich nog in een vroege marktfase. Dat betekent dat waterstof-elektrische voertuigen (FCEV's) – afhankelijk van het type: personenauto's, lichte bestel- en personenbusjes (LCV), of het zwaar transport (HD) – voorlopig in een beperkt aantal modellen en in kleine aantallen beschikbaar gesteld worden door de OEM's. Hetzelfde geldt voor mobiele werktuigen. Personenauto's en bakwagens zijn beschikbaar en worden al ingezet in enkele Europese

48 Rapport LCA drie typen personenauto's (CE Delft), pagina 22: "In 2030 is een grote reductie in klimaatimpact te zien bij de waterstofauto. Dit komt omdat wij aannemen dat waterstof in 2030 geproduceerd zal worden door middel van elektrolyse, waarvoor veel meer elektriciteit nodig is dan bij productie van waterstof uit aardgas. Wanneer de waterstofauto's in 2030 op volledig groene stroom zouden rijden in plaats van de verwachte gemiddelde mix, scoort de waterstofauto iets beter dan de elektrische auto. Dit komt omdat de milieu-impact tijdens de productie een steeds grotere rol gaat spelen, in relatieve zin, en deze impact hoger is bij een elektrische auto dan bij een waterstofauto", zie bronnenlijst. Zie ook: Analyse Rapport CE Delft namens Enpuls 'LCA drie typen personenauto's' (Ekinetix, Martijn van der Star, Jaco Reijerkerk, juli 2020)

49 Zie bronnenlijst

landen, waaronder ook Nederland. Diverse projecten zetten op Europese schaal in op de introductie van trekkers voor zwaar transport. Voorbeelden zijn initiatieven als HyTrucks, PinkCamel en H2 Accelerate. In de grootschalige uitrol van trekkers voor het zwaar transport en de daarvoor benodigde bouw van grote, op het zwaar transport gerichte tankstations, moet rekening worden gehouden met een doorlooptijd. Voor de opschaling van de productie van trucks en het bouwen van tankstations geldt een doorlooptijd van grofweg 2 tot 3 jaar. Het doel moet zijn om tijdig voldoende tankstationcapaciteit, zowel in geografische spreiding van de tankstations als in de tankcapaciteit per tankstation, te realiseren om klaar te zijn voor de grootschalige introductie van de voertuigen.

Producenten van zowel trucks als tankstations komen in beweging als er zicht is op langjarige ondersteuning van eindgebruikers: de vervoerders. In aanschafkosten en gebruik moeten door waterstof aangedreven trucks voor eindgebruikers een aantrekkelijke optie zijn. Op het moment dat eindgebruikers perspectief hebben op langjarige inzet, komen ook de exploitanten van tankstations in beweging om voldoende dekking te realiseren. De producenten van trucks kunnen dan hun productievolumes of allocaties aanpassen, om ook trucks te gaan leveren voor de Nederlandse markt. Zonder helder perspectief voor alle spelers in de keten, de eindgebruikers en bouwers van tankstations zullen truckfabrikanten (OEM's) zich richten op andere landen of hun productie niet verder opschalen. De koplopers onder de OEM's hebben voldoende productiecapaciteit om vanaf 2024 aan een potentiële initiële vraag in Nederland te kunnen voldoen. Echter, het ontbreekt ze momenteel aan voldoende perspectief op belangstelling in de markt, door gebrek aan incentives (beloningen) voor de eindgebruikers. Daardoor is het interessanter om deze voertuigen in andere landen op de markt te brengen (denk aan Duitsland, Zwitserland, Frankrijk, Denemarken, Oostenrijk).

Hoewel de EU met de implementatie van onder meer de RED II en RED III de markt voor hernieuwbare waterstof nadrukkelijk stimuleert, zullen voertuigfabrikanten (OEM's) enkel een groter gamma aan waterstof-elektrische voertuigen (FCEV's) op de markt brengen als er voldoende perspectief is voor eindgebruikers om hierop over te stappen. Dat heldere perspectief voor de eindgebruiker moet vorm krijgen in een levensduurcyclus (Total Cost of Ownership, TCO) die in lijn ligt met beschikbare alternatieven. Zo'n TCO stimuleert daarmee de hele keten, van productie tot eindgebruik. Om de benodigde middelen beschikbaar te krijgen het essentieel dat de betrokken partijen (voertuigfabrikanten, tankstation exploitanten en de overheid) duidelijkheid bieden over hun tijdspaden voor onder meer de introductie en opschaling van voertuigen en de uitrol van productiefaciliteiten voor waterstof en tankstations. Zodat de overheid daarop kan anticiperen met beleid en de ontwikkeling van ondersteunend instrumentarium.

6.2 Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Wegtransport

6.2.1 Fase 2022-2025

Het gebruik van waterstof in het zwaar wegtransport staat aan het begin van haar ontwikkeling. De eerste waterstofaangedreven voertuigen zijn gebouwd en worden nu in diverse Europese landen getest. Daarnaast is een aantal grote private consortia druk bezig met het opzetten van eerste opschalingsprojecten van waterstoftrucks en bijbehorende 'XL-tankinfrastructuur' voor deze projecten. Voorbeelden zijn projecten als H2Accelerate, HyTrucks en Pink Camel. Ook vanuit Europa wordt ingezet op waterstof voor het zwaar wegtransport. In de bouwsector zijn de eerste FCEV-machines inmiddels operationeel.

Om voort te bouwen op deze ontwikkelingen, is het belangrijk om tot een gecoördineerde en samenhangende aanpak te komen voor zowel de realisatie van waterstof-tankstations en de bijbehorende voertuigen, als de productie van voldoende hernieuwbare waterstof voor de mobiliteit. De ontwikkeling van een betrouwbare basale tankinfrastructuur en de bijbehorende vraag (voertuigen) zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. En ze zijn onderling sterk afhankelijk. Daarbij is belangrijk dat sprake is van een internationale markt waarop Nederland concurreert met de ons omringende landen. Dit betekent dat het instrumentarium in Nederland in balans moet zijn

met het instrumentarium in andere Europese landen. Als immers het stimuleringsinstrumentarium in Duitsland aantrekkelijker is dan in Nederland, gaan waterstofvoertuigen, met name trucks, vooral naar die markt. En worden de benodigde tankstations vooral in Duitsland ontwikkeld. Om te zorgen dat waterstoftrucks internationaal kunnen rijden, is nauw overleg met andere Europese overheden noodzakelijk, om vergelijkbaar beleid voor zero-emissie zwaar wegtransport te creëren en daarmee een Europees dekkend netwerk van tankstations en markten voor voertuigen.

In de fase tot 2025 staat voor het wegtransport de concrete doelstelling centraal om uiterlijk in 2025 in Nederland een basisnetwerk van tenminste 50 waterstoftankstations met een gezonde economische grondslag te realiseren, passend om aan de Europese verplichtingen onder AFID en de RED te kunnen voldoen.

Doelen

- Realisatie van waterstoftankstations (maximaal 50) rond 2025. Tenminste 10 van deze tankstations moeten XL-waterstoftankstations met een grote capaciteit worden. Dat wil zeggen, passend voor inzet voor zwaar transport. Deze stations moeten ook in de waterstofbehoefte op de bouwplaatsen kunnen voorzien.
- Voldoende voertuigen voor een basis-business-case per tankstation. Hierbij wordt voor de periode tot 2025 de nadruk gelegd op waterstoftrucks die gebruikmaken van zowel brandstofcel-(FCEV) en verbrandingsmotor-technologie (H2-ICE) als gasvormige waterstof op een druk van 350 of 700 bar.
- Een klein (huidige standaard) tankstation moet binnen 3 tot 5 jaar na realisatie zo'n 100-130 voertuigen moeten kunnen bedienen. Per XL-station zijn dat binnen 1 tot 5 jaar na realisatie tussen 25 en 50 zware transportvoertuigen.
- In 2025 zijn tenminste 4 XL-stations in aanbouw, die ieder tussen 150 en 200 zwaar-transport-trekkers kunnen bedienen in 2027.
- De doelstelling is dat er in 2025 ongeveer 8 miljoen kilogram (1 PJ) waterstof in de wegmobiliteit wordt verbruikt.

Acties

- Het Rijk en het bedrijfsleven zetten zich in om de afspraken die gemaakt zijn in het kader van het Actieprogramma Waterstof in Mobiliteit uit te voeren. Om hiermee perspectief te scheppen voor de producenten van voertuigen, de aanbieders van waterstof en de afnemers hiervan in de markt. De uitkomst van de RED III leggen naar verwachting een 'bodem' die hoger ligt dan de uitkomsten van het Actieprogramma H2 in Mobiliteit.
 - Het Rijk zet zich in voor een toereikend stimuleringsbeleid, waar mogelijk bestaand uit regelgeving en financiële incentives. Het streven is dat een financieel ondersteuningsinstrument per 2023 beschikbaar komt. De vormgeving van het instrument vindt plaats in samenspraak met de sector en decentrale overheden. Hiermee wil de overheid handelingsperspectief bieden aan de private sector.
 - De producenten van voertuigen en aanbieders van waterstof, zetten zich in om zo snel mogelijk duidelijkheid te geven over de tijdlijnen voor de introductie van voertuigen en de realisatie van tankstations. Hiermee bieden partijen handelingsperspectief aan potentiële afnemers en aan de overheid voor haar stimuleringsbeleid en -instrumenten.
- De overheid neemt een stimulerende rol in de ontwikkeling van een markt voor waterstof in mobiliteit, door zelf te investeren in waterstof-aangedreven voertuigen. Dit is de overheid als launching-customer. Hieraan kan invulling gegeven worden door een programma te ontwikkelen waarbinnen de aanschaf en het gebruik van waterstof-elektrische voer- en vaartuigen (onder een verantwoorde beheersing van de kosten) wordt bevorderd. Dit betreft een rol voor de Rijksoverheid en andere overheden (provincies en gemeenten), de waterschappen en publieke diensten.

- Marktpartijen en de overheid zetten erop in om optimaal gebruik te maken van Europese subsidieprogramma's voor tankstations.
 - Marktpartijen dienen waar mogelijk projectvoorstellen in voor tankstations bij de Europese programma's die waterstof in de mobiliteit co-financieren, liefst in combinatie met voertuigen.
 - Het Rijk zet zich in om in de Europese programma's voor de markt de voorwaarden te creëren om hier optimaal gebruik van te kunnen maken bij de realisatie van waterstoftankstations.
- Nu de IPCEI-waterstof voor de stimulering van productie, transport- en opslaginfrastructuur niet van toepassing is op de passende ondersteuning van tankstations en voertuigen voor zwaar transport, streeft het Rijk ernaar om hiervoor een passend instrument te ontwikkelen.

Mijlpalen

- De doelstelling van 50 waterstoftankstations in 2025 is gerealiseerd.
- In 2025 zijn er tussen 10.000 en 15.000 waterstof-personenauto's en lichte commerciële voertuigen (inclusief bestelbusjes en taxi's) en tussen 500 en 800 waterstoftrucks en andere zware voertuigen op de weg in Nederland.

Belangrijke randvoorwaarden en verbinding met andere thema's

- Voldoende en tijdige beschikbaarheid van budget en instrumenten voor het stimuleren van waterstof en een waterstofinfrastructuur voor de wegmobiliteit en de bouwsector.
- Voldoende beschikbaarheid van hernieuwbare waterstof voor de mobiliteitssector via productie en import.
- Tijdige en voldoende beschikbaarheid van voertuigen, met realistische tijdlijnen voor de introductie hiervan, zodat de overheid tijdig passend instrumentarium kan ontwikkelen en de markt een perspectief heeft.

6.2.2 Fase 2025-2030

Doelen

- Een landelijk dekkend netwerk van waterstoftankstations voor de verschillende modaliteiten (350 en 700 bar), met voldoende overlap in voorzieningengebieden. Zodat gebruikers altijd binnen een acceptabele tijd en afstand kunnen tanken.
- Introductie van voertuigen en (verdere) opschaling van serieproductie in het zakelijk personenvervoer, goederenvervoer en in mobiele werktuigen. Overheid en de private sector zorgen daartoe voor een aantrekkelijke Nederlandse markt, een voldoende breed aanbod aan waterstof-elektrische voertuigen (FCEV's) en voertuigen met een waterstof-verbrandingsmotor (H2-ICE). Alsook voor een dekkend netwerk van tankstations en ondersteunende subsidies voor tankstations en voertuigen.
- De TCO van de FCEV's in toepasselijke segmenten zoals openbaar vervoer, distributie (LCV's) en zwaar transport wordt concurrerender.
- Voor inzet van hernieuwbare waterstof in mobiliteit (wegvervoer, lucht-, scheep- en binnenvaart, inclusief inzet via de raffinageroute) in 2030 wordt onderhandeld over een mogelijke subverplichting van tussen 18 en 58 PJ hernieuwbare waterstof, waarbij het oorspronkelijke voorstel van de Commissie neerkomt op 29 PJ.

Acties

- Ontwikkeling van beleid voor een veilige en kostenefficiënte transport- en distributie-infrastructuur voor de levering van hernieuwbare waterstof aan de waterstoftankstations. Inclusief de optie van aansluiting op het transportnet van waterstof.
- Het Rijk en de marktpartijen erkennen hoe de markt na 2025 gestimuleerd kan worden.
- Voertuigfabrikanten (OEM's) breiden het aanbod aan waterstof-elektrische voertuigen uit en schalen de productie op. Door stimulering van het gebruik van waterstofvoertuigen is een voldoende aantrekkelijke markt gecreëerd voor opschaling in voertuigen en een concurrerend aanbod van OEM's.

- Het Rijk zet er samen met marktpartijen op in om van de vrachtwagenheffing en terugsluisvrachtwagenheffing voor zwaar wegtransport een stimulerende werking voor de inzet van waterstof te laten uitgaan voor die sectoren en toepassingen waar waterstof in een marktbehoefte voorziet.
- Bij aanbestedingen door overheid en private sector wordt emissieloze mobiliteit en emissieloos werken als uitgangspunt gehanteerd, waarmee perspectief voor de markt wordt geboden.
- Continuering van de beleidsmaatregelen qua ondersteuning van voertuigen en de uitrol van infrastructuur.
- Ontwikkeling van beleid voor een veilige en kostenefficiënte transport- en distributie-infrastructuur voor de levering van hernieuwbare waterstof aan de waterstoftankstations, inclusief de optie van aansluiting op het waterstoftransportnet.

Mijlpalen

- In 2030: 150 HRS voor licht vervoer en 50 XL-tankstations voor het zwaar transport, met een aanbod dat aansluit bij de behoeften van de markt.
- Het aantal modellen voor de verschillende modaliteiten en het aantal OEM's dat voertuigen op de markt brengt, zowel voor licht als voor zwaar transport, neemt toe en geeft markt vertrouwen.
- In 2030 zijn er 40.000 tot 75000 waterstof-personenauto's en lichte commerciële voertuigen (inclusief bestelbusjes, taxi's en bakwagens) en 5.000 tot 10.000 waterstoftrucks voor het zwaar transport op de weg in Nederland.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- De OEM's zorgen tijdig en op voldoende schaal voor een aanbod van voertuigen die aan de behoeften van de markt voldoen.
- De productie en import van hernieuwbare waterstof komt op schaal. De prijs van hernieuwbare waterstof - inclusief HBE-systematiek - is concurrerend, zodat met bescheiden ondersteuning een business-case ontstaat voor gebruikers.
- De infrastructuur voor grootschalige, veilige en kostenefficiënte beleving van voldoende hernieuwbare waterstof aan de tankstations, onder meer via het transportnet voor waterstof en de daarop aansluitende distributie-infrastructuur, begint zich zodanig te ontwikkelen dat de veilige beleving van tankstations gewaarborgd is en blijft.
- Daarbij zijn oplossingen geïmplementeerd of in ontwikkeling gezet, om de kwaliteit van de geleverde waterstof te garanderen, inclusief een oplossing voor een kwaliteit-upgrade van waterstof uit het transportnet voor waterstof naar waterstof, met de kwaliteit benodigd voor de mobiliteit (FCEV's).

6.2.3 Fase na 2030

Doelen

- Waterstof is voor de markt een volwaardige emissieloze optie in de mobiliteit.
- De markt kan stapsgewijs zonder structurele ondersteuning functioneren.
- Het aanbod van voertuigen wordt breed en concurrerend.

Acties

- Consistentie en indien nodig continuering van beleidsmaatregelen voor de ondersteuning van voertuigen en de uitrol infrastructuur.
- Bij aanbestedingen door overheid en private sector wordt emissieloze mobiliteit en emissieloos werken als eis gehanteerd, waarmee perspectief voor de markt wordt geboden.

Mijlpalen

- Het aantal beschikbare modellen voor HD, LCV, Doelgroepen en PV ontwikkelt zich conform de marktbehoefte.
- Aantallen zwaartransporttrucks, mobiele werktuigen, bussen in het openbaar vervoer, touringcars, lichte bestelbussen voor goederen- en personenvervoer en personenvoertuigen op de weg ontwikkelen zich marktconform.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Stimulerend beleid voor alle Zero Emissie-voertuigen (ZE), om 'late majority' en 'laggards' over te halen in de transitie naar ZE-mobiliteit in 2050.

6.3 Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Luchtvaart

Duurzame brandstoffen en technologische innovaties zijn belangrijke maatregelen waarmee de Nederlandse luchtvaartsector inzet op de benodigde CO₂-reductie. Naast een nationale opgave om duurzame brandstoffen bij te mengen, wordt op Europees niveau gewerkt aan een bijmengverplichting. Parallel wordt gewerkt aan de ontwikkeling van waterstofvliegtuigen en de ontwikkeling van grondgebonden activiteiten op waterstof. In het coalitieakkoord van 15 december 2021 is ook afgesproken om de luchtvaart te 'vergroenen' en te investeren in de ontwikkeling en productie in Nederland van onder meer synthetische kerosine.

In lijn met het Akkoord Duurzame Luchtvaart en de [Luchtvaartnota](#), zet Nederland nationaal in op een bijmenging van 14% duurzame brandstoffen in 2030. Voor 2050 geldt dat vliegtuigen volledig fossielvrij vliegen. Onder het RefuelEU voorstel (onderdeel Fit-For-55-pakket van de Europese Commissie) wordt gewerkt aan een Europese bijmengverplichting per 2025. Volgens het laatste voorstel⁵⁰ staan deze ambities op 6% in 2030 en 63% in 2050. Voor beide verplichtingen gaat het om bijmenging van duurzame drop-in brandstoffen: zowel biobrandstoffen als synthetische kerosine. Waterstof is nodig voor de productie van beide brandstoffen. Omdat de brandstoffen aan de gestelde CI-eisen moeten voldoen (koolstofintensiteit per eenheid), zal dit vaak betekenen dat de waterstof hernieuwbaar moet zijn. De grootste opgave voor waterstof ligt bij de productie van synthetische kerosine, waar waterstof een belangrijke grondstof voor is.

Naast een duidelijke rol voor waterstof bij de bijmengverplichting, werken verschillende partijen aan de ontwikkeling van waterstofvliegtuigen. Begin 2030 worden de eerste vliegtuigen verwacht. Het antwoord op de vraag of zij gaan vliegen op gasvormige of vloeibare waterstof is nog in ontwikkeling. Per 2030 heeft Nederland de nationale opgave dat alle grondgebonden activiteiten van de burgerluchtvaart hernieuwbaar moeten zijn. Naast elektrificatie, wordt gewerkt aan de rol van waterstof in deze activiteiten.

6.3.1 Fase 2022-2025

Doelen

Nederland zet actief in op de invoering van de Europese bijmengverplichting: het RefuelEU voorstel, onderdeel Fit-for-55-pakket van de Europese Commissie.

Acties

- Op Europees niveau de uitwerking en implementatie van het RefuelEU-voorstel en het voorstel van de RED II/III. De RED geeft aan welke grondstoffen gebruikt mogen worden voor de ontwikkeling van duurzame brandstoffen. Daarnaast de invloed van REPowerEU niet vergeten.
- In kaart brengen benodigde hoeveelheid brandstoffen/productie/import met visie op 2030 en 2050.
- Opschaling van productie en import van waterstof voor de productie van biobrandstoffen en synthetische kerosine. Productie en import van waterstof zal in deze fase nog zeer beperkt zijn. Dit zal richting 2025-2030 toenemen.
- De eerste synthetische kerosineproductiefaciliteit, op basis van Direct Air Capture (DAC) of biogene/industriële puntbronnen, zal worden ontwikkeld voor 2024 conform actieprogramma

⁵⁰ Percentages zijn in lijn met laatste voorstel, deze kunnen dus nog wijzigen

duurzame luchtvaartbrandstoffen⁵¹.

- Naast een bijmengverplichting monitoren en onderzoeken van de ontwikkelingen/innovaties rondom waterstofvliegtuigen en van de grondgebonden activiteiten op waterstof.

Mijlpalen

- Implementatie RefuelEU-voorstel.
- Opschaling productie van biobrandstoffen door Shell en SkyNRGNeste.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Duidelijkheid RefuelEU, RED II/III en nationale wetgeving;
- Samenwerking EU/Mondiaal;
- Samenwerking industrie.

6.3.2 Fase 2025-2030

Doelen deze fase

In lijn met het RefuelEU voorstel is per 2025 2%⁵² van de getankte vliegtuigbrandstoffen in Nederland duurzaam. Hier geldt ook een subdoelstelling voor synthetische kerosine. De hoogte staat op dit moment nog niet vast.

Acties

- Monitoren en onderzoeken van de ontwikkelingen/innovaties rondom waterstofvliegtuigen en de grondgebonden activiteiten op waterstof.
- Vervolg in kaart brengen benodigde hoeveelheid brandstoffen/productie/import.
- Opschaling van productie en import van waterstof voor de productie van biobrandstoffen en synthetische kerosine.

Mijlpalen

- Start bijmengverplichting van 2% waarvan een deel synthetische kerosine.
- Opschaling productie van biobrandstoffen door Shell en Neste.
- Start productie uit de DSL-01-fabriek op biobrandstoffen.
- Start productie uit de pilotprojecten ZENID en Synkero op synthetische kerosine, ontwikkeling/opschaling Neste en Shell.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Samenwerking binnen de EU en mondiaal.
- Samenwerking binnen de industrie.

6.3.3 Fase na 2030

Doelen

- In lijn met het RefuelEU-voorstel is 6%⁵³ van de getankte vliegtuigbrandstoffen in Nederland duurzaam. Hier geldt ook een subdoelstelling voor synthetische kerosine. De hoogte daarvan staat op dit moment nog niet vast.
- In de Luchtvaartnota is als doel opgenomen dat in 2030 14% van alle in Nederland getankte vliegtuigbrandstoffen duurzaam is. Op dit moment ziet het er naar uit dat het RefuelEU-voorstel geen ruimte biedt om nationaal een hogere bijmenging in te voeren.

⁵¹ Zie bronnenlijst

⁵² Percentage is in lijn met laatste oriëntatie, deze kan nog wijzigen

⁵³ Percentage is in lijn met laatste oriëntatie, deze kan nog wijzigen

- In lijn met de Luchtvaartnota is de CO₂-uitstoot per 2030 minimaal gedaald tot het niveau van 2005. Dit betreft CO₂-emissies van internationale vluchten die uit Nederland vertrekken. Alle grondgebonden activiteiten van de burgerluchtvaart zijn vanaf 2030 geëlektrificeerd of op waterstof.

Acties

- Opschaling van productie en import van waterstof voor de productie van biobrandstoffen en synthetische kerosine. Daarnaast voor het gebruik van de grondgebonden activiteiten.
- Monitoren en onderzoeken van de ontwikkelingen/innovaties rondom waterstofvliegtuigen.

Mijlpalen

- Start bijmengverplichting van 6% waarvan een deel synthetische kerosine zal vormen.
- Opschaling producenten biobrandstoffen en synthetische kerosine.
- Alle grondgebonden activiteiten van de burgerluchtvaart zijn vanaf 2030 geëlektrificeerd of op waterstof.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Samenwerking binnen de EU en wereldwijd.
- Samenwerking binnen de industrie.

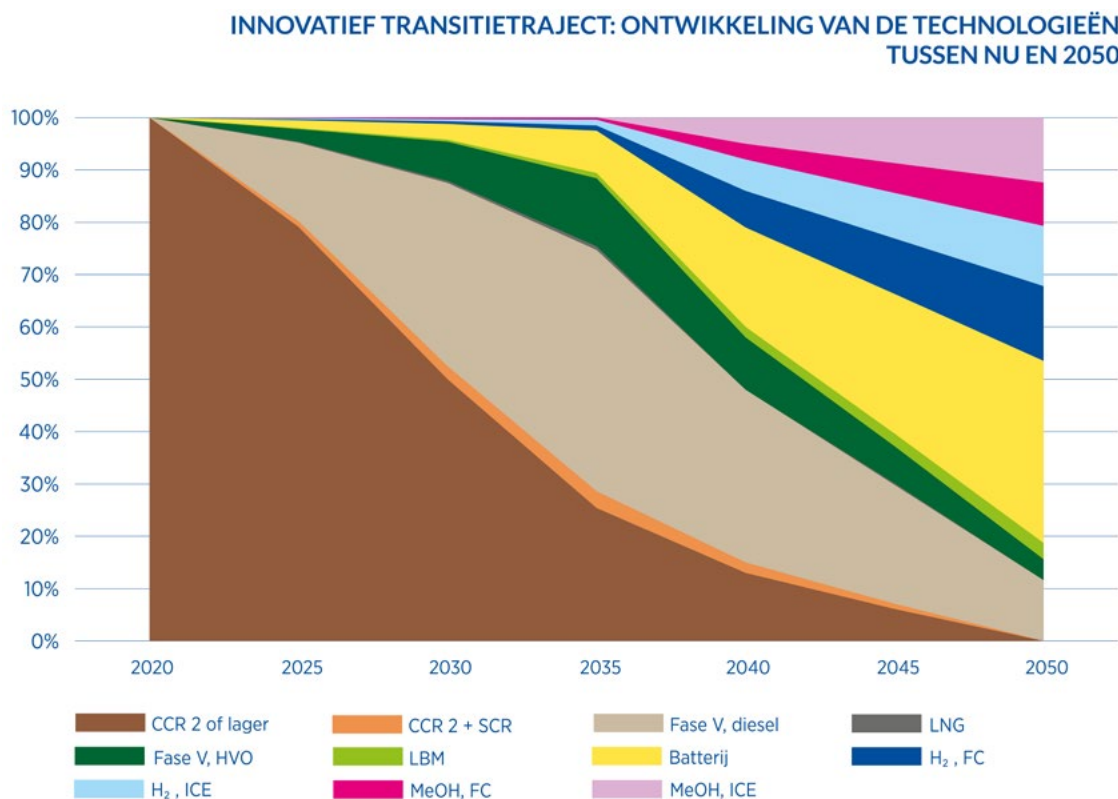
6.4 Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Scheepvaart

In dit deel worden de binnenvaart en de zeescheepvaart besproken in 2 aparte paragrafen. De opgaven en tijdspaden van de 2 categorieën zijn zeer verschillend, waardoor een opdeling in 2 paragrafen het meest beantwoordt aan de kenmerken van de sectoren. Voor binnenvaart zijn de periodes tot 2030 samengevoegd, omdat 2030 de eerste concrete stip op de horizon is.

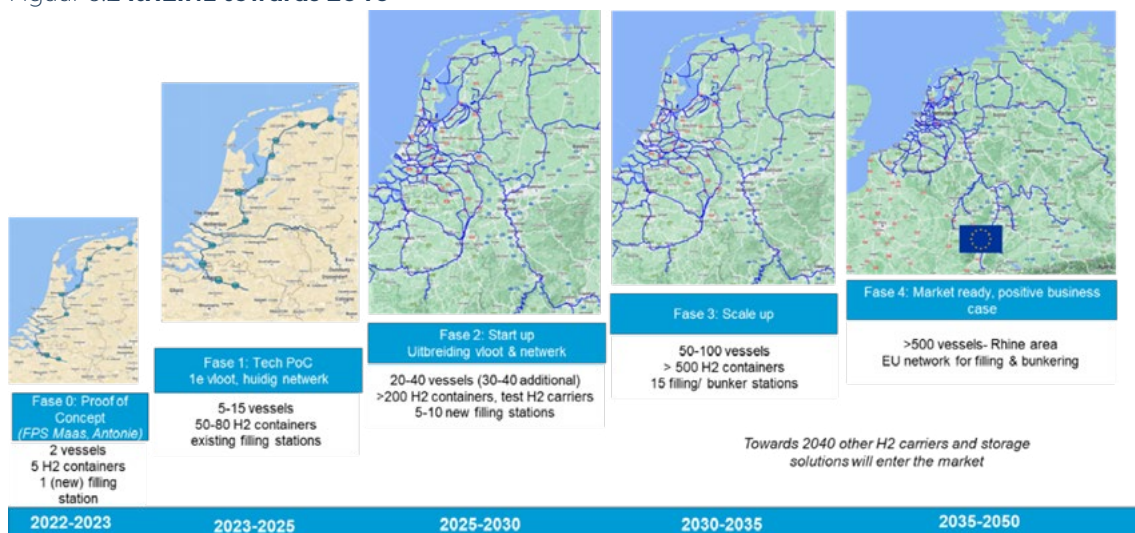
Binnenvaart kan gecategoriseerd worden onder zware mobiliteit, wat betekent dat waterstof potentieel een belangrijke rol kan spelen. Binnenvaartschepen hebben een grote energiebehoefte, die lastig te voldoen is met alleen elektriciteit. Waterstof kan hier dus een uitkomst bieden. De eerste 2 waterstof-elektrisch aangedreven schepen zijn in ontwikkeling: 'FPS Maas' van Future Proof Shipping BV komt in 2023 volledig emissieloos in de vaart, na een ombouw. Het nieuwbouwschip 'ms Antonie' van binnenvaartondernemer Harm Lenten staat gepland om eind 2023 in de vaart te komen. Dit schip is ook waterstof-elektrisch aangedreven, met een dieselgenerator als back-up. Daarnaast zijn er pilots in de binnenvaart, waarin waterstof wordt gebruikt als brandstof voor verbrandingsmotoren. Echter, de businesscase voor waterstof-aangedreven schepen is nog steeds lastig. De onrendabele top is voorlopig nog groot. Om varen op waterstof commercieel haalbaar te maken, wordt er binnen RH2INE gezocht naar een businessmodel dat varen op waterstof met een initiële impuls (zoals publieke bijdragen) op een zo kort mogelijke termijn wel haalbaar maakt.

De doelen en acties voor de binnenvaart komen voort uit de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens, ondertekend in 2019. Hierin is de ambitie gesteld om in 2030 150 emissieloze binnenvaartschepen in de vaart te hebben. Een deel van deze schepen zal op korte, vaste routes batterij-elektrisch varen. De rest van de schepen kan waterstof als energiedrager gebruiken om emissieloos te zijn. Ook de Centrale Rijn Commissie (CCR) heeft in recente studies gerapporteerd dat er een significante rol is voor waterstoftoepassingen in de binnenvaart. Figuur 6.1 geeft aan dat in een 'innovatie transitiepad', ongeveer 23% op 'pure H₂' (gas of vloeibaar) en ongeveer 20% op (e-) methanol zal gaan varen in 2050. Hiernaast worden ook nog andere waterstofdragers onderzocht, zoals LOHC en Natriumboorhydride.

Figuur 6.1 **Innovatie transitiepad (Bron: CCR)**



Figuur 6.2 **RH2INE towards 2040**



Het grootste programma dat werkt aan de transitie naar waterstofbinnenvaartschepen in Europa is RH2INE. Zij voorzien een opschalingspad richting 2050, zoals aangegeven in bovenstaande figuur 6.2.

Op dit moment is het voor scheepseigenaren die op waterstof varen erg uitdagend om publieke financiering te vinden, omdat er nauwelijks specifieke subsidieregelingen zijn met een hoge dekking van de meerkosten. Door de zeer de versplinterde markt is het een grote uitdaging om mee te doen in grote Nederlandse of Europese trajecten.

Momenteel wordt een aantal projecten met binnenvaartschepen uitgevoerd. Voorbeelden zijn de projecten Future Proof Shipping (FPS Maas), Lenten Scheepvaart (ms Antonie) en het HTS XL-containerschip. De ervaringen die worden opgedaan tijdens de ontwikkelingsfase, de bouw en het in de vaart brengen van schepen in deze projecten dragen bij aan het bepalen van de haalbaarheid en de kosten van vergelijkbare projecten in de toekomst. Met elk project kan in kaart worden gebracht wat nodig is aan regelgeving en faciliteiten om waterstof op grotere schaal veilig te kunnen gebruiken in de binnenvaart.

6.4.1 Fase 2022-2030

Volgens de Nederlandse Green Deal is het doel om de CO₂-emissies van de Nederlandse binnenvaartvloot in 2030 gereduceerd te hebben met 40% tot 50% ten opzichte van 2015. Bovendien moeten de eerste emissieloze schepen (bijvoorbeeld op waterstof) varen voor 2030.

In de fase tot 2030 dient de basis gelegd te worden voor de technologie en standaardisatie voor varen op waterstof en invoering van wet- en regelgeving. Zo kunnen rederijen en scheepseigenaren vanaf 2030 gemakkelijker overstappen op het varen op waterstof. Voor de eerste fase gaat dit om uitwisselbare containers met waterstof onder druk. Hierbij wordt ook gedacht aan inzet van nieuwe businessmodellen zoals energy as a service/pay-per-use om de investeringsdrempel voor scheepseigenaren te verlagen. Initieel varen deze schepen op redelijk vaste trajecten waar waterstof beschikbaar is. Daarnaast is varen op waterstof niet alleen financieel maar ook operationeel nog niet voor elke scheepsonderneming weggelegd. Echter, zodra de waterstofinfrastructuur breder verspreid wordt en ook andere waterstofenergiedragers en overslagmogelijkheden beschikbaar komen, worden de routes uitgebreid in de volgende fases.

De toepassing van waterstof als brandstof voor binnenvaart hangt daarbij sterk af van flankerend beleid en overheidsinterventie om de business-case te versterken en het grote verschil in kosten tussen waterstof en varen op fossiele diesel te verkleinen. Er wordt gedacht aan subsidies (eventueel via een Europees fonds) en de invoering van emissiehandel (ETS) voor binnenvaart of door het invoeren van veel strengere emissienormen voor bestaande schepen.

Mijlpalen

- Tenminste 150 binnenvaartschepen zijn voorzien van een zero-emissie-aandrijflijn (waar waterstof deel van uit kan maken).
- Regelgeving is ingevoerd omtrent veiligheidseisen voor waterstofdragers en toepassing aan boord van schepen als energievoorziening.
- Vergevoerde standaardisatie van technologie en scheepsontwerp, gebaseerd op uitwisselbare containers met waterstof onder druk met fuel cells.
- Innovatieve businessmodellen ontwikkeld voor pay-per-use.

Acties

- Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) spant zich in voor wet- en regelgeving waarin zo veel mogelijk heldere doelen en normen zijn opgenomen ten aanzien van de eisen op het gebied van verduurzaming, en waarmee initiatieven worden ondersteund door subsidieregelingen. In Nederland zijn dat onder meer de DKTI, de Innovatieregeling Duurzame Binnenvaart en de Stimuleringsregeling Schone Binnenvaart en Duurzame Logistiek in Rotterdam.
- IenW zet zich in voor een internationaal verduurzamingsfonds binnenvaart en het stimuleren van het gebruik van het emissielabel voor binnenschepen. Dit doet het ministerie samen met belanghebbende stakeholders zoals bijvoorbeeld havens, banken, verladers, gemeenten en provincies. IenW werkt in kader van CCR aan een maatregelenpakket dat erop gericht is de gedefinieerde emissiedoelen te gaan halen voor 2035 en 2050.⁵⁴

⁵⁴ Zie bronnenlijst

- Van marktpartijen in de waterstofindustrie en scheepsbouw mag worden verwacht dat zij werken aan opschaalbaar project dat zich binnen 10 jaar commercieel kan bedienen.
- Van regionale overheden mag worden verwacht dat zij zich vanuit klimaat-, stikstof-, luchtkwaliteits- en bereikbaarheidsdoeleinden inzetten voor een waterstofeconomie in de maritieme sector en zero-emissiegebruik in de binnenvaart. In de eigen regio, maar ook in relatie tot de internationale goederenstromen die actief zijn langs de Europese vrachtcorridors om waterstofinfrastructuur te faciliteren.

6.4.2 Fase 2030-2035

In 2030-2035 wordt een reductie gerealiseerd van de emissie van milieuverontreinigende stoffen door de binnenvaart van 35% tot 50% ten opzichte van 2015.

Na 2030 is er sprake van een uitbreidend netwerk van routes en havens die ingesteld zijn op waterstofgebruik door binnenvaart, inclusief methanol. Ook wordt via demonstratieprojecten gewerkt aan doorontwikkeling van nieuwe varianten qua technologie en waterstofdragers, zoals het gebruik van vloeibare waterstof en fuel cells en verbrandingsmotoren met een betere prestatie tegen lagere kosten. Ook kan overslag tussen kade en schip op andere manieren gaan plaatsvinden (bijvoorbeeld truck of hip). Zodoende kan een bredere doelgroep in de binnenvaart concurrerend worden bediend. Ook wordt er gewerkt aan andere soorten synthetische brandstoffen op basis van waterstof, als aanvulling op drop-in biofuels.

Waterstof als energiedrager gaat een significant aandeel vormen van de energiemix in 2035. Zowel overheden en marktpartijen zetten zich hiervoor in.

In 2035 is het kader van wet- en regelgeving voor de energietransitie en emissiereductie tot 2050 compleet afgerond door overheden (EU, nationaal, regionaal), waarna de markt op geheel commerciële basis zonder subsidies haar werk kan doen, om waterstof als energiedrager voor binnenvaart verder op te schalen in Nederland en Europa.

6.4.3 Fase 2035-2050

In deze fase is het doel om een nagenoeg emissievrije en klimaatneutrale binnenvaart gerealiseerd te hebben tegen 2050. Nieuwe schepen worden uitgerust met elektrische aandrijving en zijn geheel modulair. Zij kunnen verschillende type energiedragers toepassen, afhankelijk van het reisprofiel, de beschikbaarheid en de prijs. Er zijn verschillende type waterstofdragers die geleverd worden: onder druk in containers, vloeibaar in containers (bulk), LOHC en methanol. Bestaande schepen zijn omgebouwd naar elektrische aandrijving of gebruiken schone motoren in combinatie met klimaatneutrale drop-in fuels die gedeeltelijk geproduceerd zijn met hernieuwbare waterstof. Waterstof als energiedrager heeft in 2050 samen met batterijvaren een dominant aandeel in de energiemix bij nieuwe schepen. Zowel overheden en marktpartijen zullen zich daarvoor inzetten.

Acties

Marktpartijen bedienen de binnenvaart zonder aanvullende subsidies. De overheid ondersteunt innovaties met R&D-programma's om technieken en energiedragers nog efficiënter en effectiever te maken.

Randvoorwaarden (van toepassing op alle fasen, 2022-2050)

- Er zijn infrastructurele behoeften (zoals waar, hoe vaak en op welke manier te bunkeren, vullen en overslaan) die gewaarborgd moeten worden voor waterstof.
- De kosten en complexiteit voor om- of inbouw van een waterstofaandrijflijn zijn dermate hoog dat schippers deze zelf niet kunnen dragen en uitvoeren. Voor de investeringskosten is een passend financieringsmodel nodig, waarbij ook gedacht wordt aan energy as a service/pay-per-use-oplossingen om binnenvaartondernemers te ontzorgen.

- Tot slot moet aan alle juridische eisen rondom het varen op een onconventionele brandstof voldaan worden en dit moet aantoonbaar zijn. Zeker op gebied van veiligheid is dit cruciaal.

6.5 Detail-routekaart Toepassingen Mobiliteit Zeevaart

De brandstoftransitie van de zeevaart bevindt zich in een vroege fase, waarbij de mogelijke transitiepaden nog worden uitgewerkt. Met Europees beleid, zoals FuelEU Maritime en het opnemen van zeevaart in ETS, is er een eerste stimulans voor het verlagen van de broeikasgassen van de zeevaart en daarmee de transitie naar nieuwe brandstoffen. Op mondiaal vlak zou dat opvolging moeten krijgen in de herziening van IMO's GHG Strategy in 2023. De inzet van Nederland hierbinnen is een klimaatneutrale zeevaart in 2050.

In deze brandstoftransitie speelt waterstof op meerdere wijzen een rol. Er is potentie voor het gebruik van waterstof in de scheepvaart in brandstofcellen en daarnaast als basis in de productie van synthetische brandstoffen (voor bijvoorbeeld synthetische methanol of ammoniak). De potentie is daarbij sterk afhankelijk van het segment van de vloot en het operationeel profiel van het schip. Over het algemeen kan het gebruik van waterstof (of waterstofdragers) in brandstofcellen voor schepen met relatief laag brandstofverbruik en/of varend op korte afstanden interessant zijn. Daarnaast speelt bij het gebruik van waterstof aan boord van het schip eveneens de opslagvorm een cruciale rol, met gasvormige en vloeibare waterstof of waterstofdragers variërend in energiedichtheid. In de bestaande scenario's is het gebruik van waterstof in brandstofcellen beperkt tot een aantal specifieke segmenten. Daarboven wordt het gebruik van synthetische brandstoffen interessanter. De verwachting is dat synthetische brandstoffen breed worden ingezet in de zeevaart om de doelstelling voor 2050 te behalen. Hierbij loopt de transitie van fossiele varianten naar bio-varianten en voornamelijk na 2030 naar een groot aandeel voor synthetische brandstoffen.

In de huidige fase van de transitie is onderzoek, ontwikkeling en het demonstreren van geavanceerde brandstoffen en technologieën belangrijk. Er zijn diverse onderzoeks- en demonstratieprojecten op waterstof (en methanol). In Nederland, binnen de R&D-regeling voor mobiliteitssectoren, wordt de toepassing van waterstof in de maritieme sector onderzocht binnen het project SH2IPDRIVE en methanol binnen het MENENS-project. Verdere demonstratie van deze toepassingen, bijvoorbeeld via het Maritiem Masterplan, is daarbij een belangrijke vervolgstap. Daarnaast zijn beschikbaarheid van met duurzame energie geproduceerde waterstof en de veiligheidskaders belangrijk. Binnen IMO zijn de (veiligheids)richtlijnen voor het gebruik van brandstofcellen in ontwikkeling.

6.5.1 Fase 2022-2025

Doelen

- Conform FuelEU Maritime is 2% reductie in broeikasgasintensiteit (in gram CO₂-eq./MJ) gerealiseerd in 2025 ten opzichte van 2020.⁵⁵
- Conform IMO GHG Strategy en Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (2019) 20% CO₂-reductie per vervoersprestatie in 2024 t.o.v. 2008.

Acties

- Opstellen van een roadmap brandstoftransitie.
- Invulling van *Clydebank Declaration* voor *Green Shipping Corridors*.
- Ondersteunen van Maritiem Masterplan en van onderzoek en ontwikkeling van geavanceerde hernieuwbare brandstoffen en emissieloze aandrijflijnen.

⁵⁵ In Commissievoorstel; onder voorbehoud van uitkomsten onderhandelingen

Mijlpalen

- Uitgewerkte roadmap voor de brandstoftransitie.
- Plan voor demonstraties emissieloze schepen en groene scheepscorridors.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Juridische kaders voor veiligheid en regelgeving.
- Technologische toepasbaarheid van technologieën en brandstoffen.

6.5.2 Fase 2025-2030

Doelen

- Conform FuelEU Maritime 6% reductie in broeikasgasintensiteit (in gram CO₂-eq./MJ) in 2030 t.o.v. 2020.⁵⁶
- Conform IMO GHG Strategy (2018) 40% CO₂-reductie per vervoersprestatie in 2024 t.o.v. 2008.

Acties

- Verder ontwikkelen van geavanceerde hernieuwbare brandstoffen.
- Demonstraties met emissieloze schepen.

Mijlpalen

- Emissieloze zeeschepen en scheepscorridors.
- Infrastructuur voor duurzame brandstoffen aanwezig.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Beschikbaarheid van brandstoffen en infrastructuur.
- Voldoende mogelijkheden voor demonstratie en opschaling.

6.5.3 Fase na 2030

Doelen

Het bereiken van een klimaatneutrale zeevaart in 2050 conform Nederlandse inzet.

Acties

Verdere opschaling van het gebruik van waterstof en synthetische brandstoffen in de zeevaart.

Mijlpalen

Klimaatneutrale zeevaart.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

Voldoende productie en alternatieve brandstofinfrastructuur beschikbaar voor geavanceerde hernieuwbare brandstoffen.

⁵⁶ In Commissievoorstel; onder voorbehoud van uitkomsten onderhandelingen

7

Thema Toepassingen Gebouwde Omgeving

- Tot 2030 speelt het gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving geen significante rol, met uitzondering van de pilots.
- De periode tot 2025 (met een uitloop tot 2030) wordt benut voor elementair onderzoek naar onder meer installaties, materialen en transport.
- De haalbaarheid van waterstof als een optie voor verduurzaming in de gebouwde omgeving ten opzichte van alternatieven, hangt samen met de volumes waterstof die beschikbaar komen en de kosten die hiermee gemoeid zijn.
- Waterstof is een optie naast andere verwarmingsmethoden en zal waarschijnlijk een kleinere rol spelen dan alternatieven zoals elektrificatie.

7.1 Beschrijving thema Toepassingen Gebouwde Omgeving

Waterstof kan potentieel in de gebouwde omgeving worden ingezet. De beschikbaarheid en betaalbaarheid zijn echter nog onzeker. Om ervoor te zorgen dat waterstof kan worden ingezet, wanneer het beschikbaar en betaalbaar is, vindt nu opbouw van kennis plaats. Deze kennisontwikkeling richt zich op de toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving en op de randvoorwaarden die dit gebruik stelt. De betrokken partijen werken hieraan door het uitvoeren van een gezamenlijke strategische onderzoekagenda, en via verschillende pilot- en demonstratieprojecten.

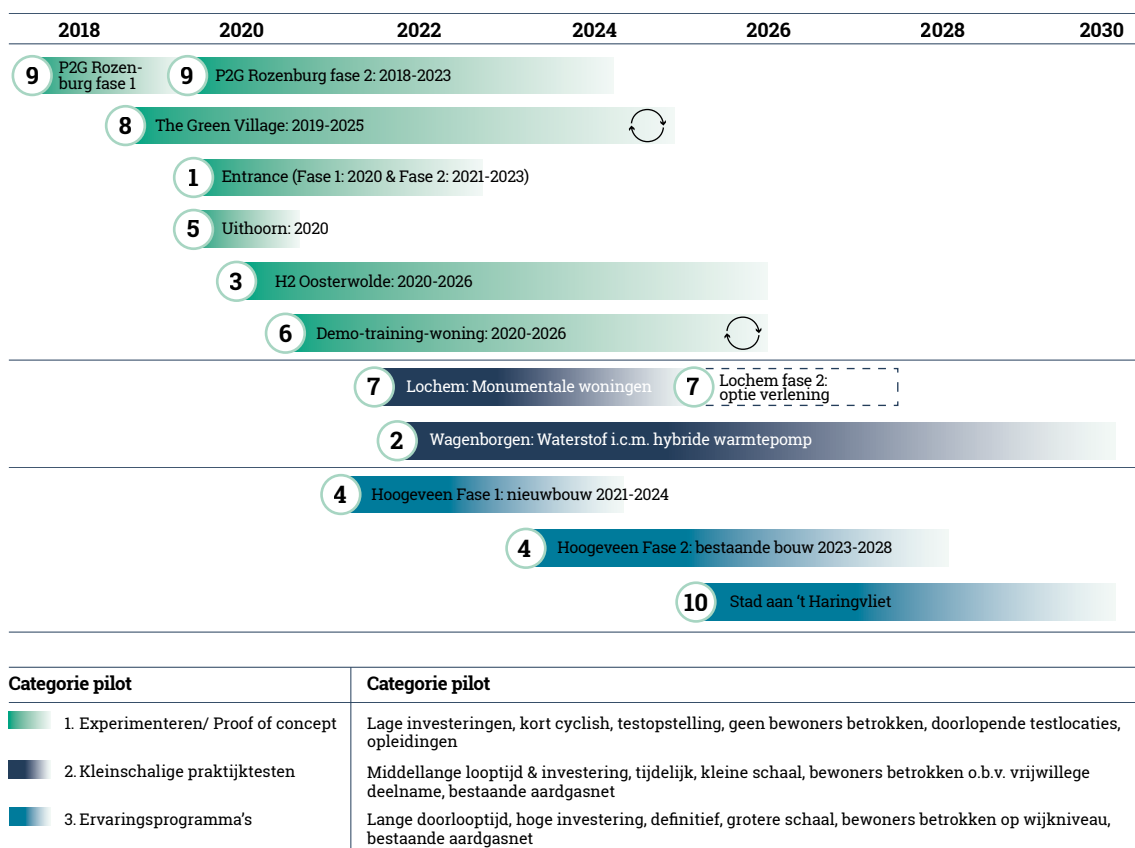
Het Rijk ondersteunt de ontwikkelingen binnen de gebouwde omgeving door middel van de Green Deal H2 Wijken en WIGO (programmaliijn 'waterstof in de gebouwde omgeving' binnen het Nationaal Waterstofprogramma). Hiermee wordt het zelf-organiserende karakter van de sector ondersteund ten behoeve van het versnellen en coördineren van de verschillende activiteiten. De 2 aangesloten projecten van de Green Deal (gemeenten Hoogeveen en Goeree-Overflakkee) worden financieel ondersteund vanuit het budget van het Programma Aardgasvrije Wijken (PAW) met respectievelijk €4,4 en €5,6 miljoen. Hiermee worden de overstapkosten om de woningen op waterstof aan te sluiten gebruiksneutraal gemaakt.

De periode tot 2030 wordt gebruikt om de verschillende waterstoftoepassingen in de gebouwde omgeving te onderzoeken. Hierbij komen verschillende technologieën aan bod, zoals individuele en collectieve oplossingen voor een gebouw of gebied met gebruikmaking van het bestaande (aardgas)netwerk. Daarnaast wordt de mogelijkheid onderzocht voor het gebruik van restwarmte uit elektrolyzers.

Het is nog onduidelijk hoe groot de rol van waterstof zal zijn bij de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Mogelijk kan het na 2030 toegepast worden in situaties waar alternatieve verwarmingsmethoden, zoals een aansluiting op een warmtenet, of directe elektrificatie door middel van warmtepompen, echt niet haalbaar of wenselijk zijn. Maar wellicht gaat waterstof een grotere rol spelen. Het potentieel hangt onder meer af van de verdeling van de beschikbare hoeveelheid waterstof over de verschillende sectoren, de kostprijs, en de mate van hergebruik van lokale netten (zoals het gasnetwerk). Hierbij komen vragen rond marktordening, ontwikkeling van infrastructuur en opslagcapaciteit, en de beschikbaarheid van voldoende productie- en importcapaciteit aan de orde. Deze vragen moeten op systeemniveau beantwoord worden. Daarom is het vooralsnog niet mogelijk de grootte van de toekomstige vraag in te schatten. Voor het maken van de afweging om in de gebouwde omgeving voor waterstof te kiezen ten behoeve van de warmtetransitie kunnen gemeenten gebruik maken van kennis die het Expertise Centrum Warmte beschikbaar stelt. Hoewel waterstof momenteel al onderdeel is van de analyse, wordt gemeenten vanwege de huidige onzekerheden geadviseerd vooralsnog geen concrete plannen te maken om met waterstof aan de slag te gaan. Voor woningen waar momenteel nog geen alternatieven voorhanden zijn (zoals elektrificeren of warmtenetten), wordt geadviseerd te investeren in isolatie en hybride warmtepompen.

Daarnaast is de notie relevant dat de uitrol van waterstof gebiedsgewijs zal plaatsvinden. Als er voor de warmtevoorziening wordt gekozen voor een duurzaam gas (hernieuwbare waterstof of groen gas) zal er per afgebakend gebied een keuze gemaakt moeten worden tussen één van beide opties. Hierbij kan het gaan om een relatief klein gebied zoals een dorp, maar ook om een volledige regio. Dit is afhankelijk van onder meer de nettopologie van het gasnet en andere kenmerken zoals het aantal invoerders van groen gas, het aantal waterstofproducenten, type industrieën en aantallen en type woningen. In de periode tot 2030 wordt actief onderzoek gedaan door middel van een reeks waterstofpilots. Hierbij worden de projecten opgeschaald om de toepasbaarheid van technieken te verifiëren, de effecten van waterstof vast te stellen en de (on)mogelijkheden van omschakeling te onderzoeken. De verwachting is dat de huidige lijst met pilots en demonstratieprojecten voldoende is om aan de slag te gaan met de geïdentificeerde kennis- en ervaringsvraagstukken. Indien nodig kunnen in een later stadium meer pilots en demonstratieprojecten worden georganiseerd.

Figuur 7.1 Waterstofpilots gebouwde omgeving



7.2 Fase 2022-2025

Mijlpalen

- Randvoorwaarden op het gebied van veiligheid en techniek afgerond.
- Meer informatie over beschikbaarheid en betaalbaarheid.
- Alle bewoonde pilots opgestart.
- Duidelijkheid over de beschikbaarheid van infrastructuur.
- Wetswijziging waterstof distributie in demonstratieprojecten.

Tot 2025 wordt de basis gelegd voor de mogelijke toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving na 2030. In deze periode wordt de nodige kennis en ervaring opgedaan op het gebied van de inzet van waterstof waarbij de randvoorwaarden veiligheid, betrouwbaarheid, toepasbaarheid, beschikbaarheid en betaalbaarheid centraal staan. Het opdoen van kennis en ervaring gebeurt op basis van onder meer onderzoek en de uitvoering van praktijkprojecten, zoals demo's en pilots.

Voor de randvoorwaarden veiligheid en toepasbaarheid betekent dit dat rond 2025 duidelijk is welke binneninstallaties geschikt zijn, welke meters gebruikt kunnen worden, wat de meest geschikte manieren van waterstofdetectie zijn en welke overige veiligheidsmaatregelen nodig zijn. Ook zal kennis over de effecten van waterstof op verschillende materialen dan beschikbaar komen. Verder zal onderzoek plaatsvinden naar het sociaal draagvlak, onder meer door middel van participatie tijdens de pilots. Daarnaast is het nodig juridische belemmeringen uit de weg te ruimen. Bovendien is het nodig om een kennisinfrastructuur op te bouwen om installateurs te kunnen opleiden.

De randvoorwaarden beschikbaarheid en betaalbaarheid hebben betrekking op de haalbaarheid van waterstof als een optie voor verduurzaming ten opzichte van alternatieven. Deze haalbaarheid

hangt grotendeels samen met de volumes die beschikbaar zullen komen en de kosten die hiermee gemoeid zijn. Naarmate de markt zich ontwikkelt en geïnvesteerd wordt in productie- en importcapaciteit, zal meer duidelijkheid komen rondom deze 2 randvoorwaarden. De verwachting is dat rond 2025 meer informatie beschikbaar zal zijn waarmee ook meer helderheid ontstaat over de rol van waterstof in de verduurzaming van gebouwde omgeving ten opzichte van alternatieven.

Verder is de beschikbaarheid van (voldoende) infrastructuur bepalend voor de betaalbaarheid van waterstof in de gebouwde omgeving. Wanneer het distributienet voor moleculen in de toekomst (gedeeltelijk) niet meer gebruikt wordt, heeft dit een prijsopdrijvend effect op eindgebruikerskosten. De beschikbaarheid hangt af van verschillende factoren, zoals toegang tot het transportnet voor waterstof, of een (lokaal) industrieel cluster dat is aangesloten op hetzelfde netwerk als huishoudens in de directe omgeving.

Rond 2025 zou de sector grotendeels klaar kunnen zijn voor het toepassen van waterstof in de gebouwde omgeving. Dit houdt in dat de technologische basis is gelegd om waterstof snel en adequaat toe te passen wanneer markttechnische omstandigheden hiervoor geschikt zijn. Hierdoor kan waterstof, na het geschikt maken van de infrastructuur, worden toegepast in bestaande (al dan niet na kleine aanpassingen) of nieuwe installaties ten behoeve van het vervangen van aardgas.

Een goede inventarisatie van de kennisbehoefte is een vereiste om de juiste activiteiten uit te kunnen voeren. Het maken van concrete uitrolplannen gebeurt na 2025, terwijl de komende jaren worden benut voor zowel essentieel onderzoek naar bijvoorbeeld veiligheid als non-discriminatoire onderzoek naar verschillende verwarmingsalternatieven. Daarnaast zullen bij de praktijkprojecten met bewoners strenge eisen worden gesteld rondom fysieke veiligheid, consumentenbescherming en leveringszekerheid om belangrijke ervaring op te doen met betrekking tot de eerder gestelde randvoorwaarden.

7.3 Fase 2025-2030

Mijlpalen

- Uitvoeren aanvullend onderzoek naar aanleiding van initiatieven tot en met 2025.
- Ontwikkelen immateriële aspecten zoals normen en opleidingen installateurs.
- Beantwoorden beleidstechnische vraagstukken met betrekking tot de waterstofeconomie.
- Ontwikkelen uitrolplannen voor na 2030.

Na evaluatie van de huidige initiatieven en het peilen van de resterende kennisbehoefte zal in de tweede helft van de jaren '20 eventueel aanvullend onderzoek worden uitgevoerd. Afhankelijk van de behoefte zal dit door middel van praktijkprojecten of een ander soort experimenten of onderzoek worden uitgevoerd. Daarnaast wordt in deze periode de mogelijke rol van waterstof in relatie tot andere alternatieven inzichtelijker dankzij een helderder zicht op de eerder gestelde randvoorwaarden. Hiervoor is behalve de nodige kennis en ervaring ook inzicht in de kosten en de beschikbaarheid van waterstof essentieel.

Bij een positief vooruitzicht worden de laatste jaren van dit decennium gebruikt om immateriële aspecten - zoals het opstellen van normen en procedures en het opzetten van opleidingen - verder uit te werken. Hierbij worden stakeholders betrokken met relevante kennis en/of mandaat zoals onder meer toezichthouders, normerings- en certificeringsinstanties, en netbeheerders. Vanuit de overheid zullen burgers geïnformeerd en gemeenten ondersteund moeten worden.

Bovendien is het nodig politieke keuzes te maken als het gaat om de verdeling van waterstof, bijvoorbeeld door middel van fiscaal beleid, subsidieregelingen en het vaststellen van quota voor bepaalde sectoren. Om de systeemtoepassing van waterstof met inbegrip van de gebouwde omgeving optimaal te kunnen benutten, speelt het Rijk bij het regelen van het politieke vraagstuk rondom marktordening een belangrijke rol.

Daarnaast zal in deze periode synergie met andere sectoren gezocht kunnen worden als plannen elders concreter worden. Denk hierbij aan plannen die het hergebruiken van delen van het distributienet in belang laten toenemen, zoals investeringen in mobiliteit. Hiermee kan een groter deel van het bestaande aardgasnetwerk worden hergebruikt waardoor potentieel meer woningen op waterstof aangesloten kunnen worden.

7.4 Fase na 2030

Mijlpalen

- Waterstof is een optie voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving.
- Waterstof speelt een ondersteunende rol waar alternatieven niet toepasbaar zijn.
- De eerste reguliere woningen (buiten de pilots) worden op waterstof aangesloten.

Na 2030 kan waterstof één van de duurzame opties zijn voor de verwarming van de gebouwde omgeving. Als waterstof een haalbare strategie is gebleken ten opzichte van alternatieve methoden, kunnen concrete plannen worden gemaakt voor de uitrol in gemeenten en wijken waar het een rol gaat spelen. De verwachting is dat waterstof voornamelijk gebruikt zal worden in woningen waar alternatieven niet haalbaar zijn. Een kosten-batenanalyse waarin financiële afwegingen, sociale voorkeuren en infrastructurele beperkingen in worden meegenomen, zou uitkomst moeten bieden met betrekking tot de vraag in welke gebieden waterstof een haalbare en wenselijke optie voor verduurzaming is.

Daarnaast zou de keuze voor hernieuwbare waterstof in de gebouwde omgeving ook gevolgen hebben voor de uitdaging rondom congestie van het elektriciteitsnet. Hybride warmtepompen, brandstofcellen en de toepassing van elektrolyzers op lokaal of regionaal niveau zouden de congestieproblematiek kunnen verlichten en het in balans brengen en houden van het net vergemakkelijken.

Gemeenten zullen in de revisie van hun respectievelijke transitievisies warmte de nieuwe kennis met betrekking tot waterstof meenemen in een (kosten- batenanalyse. Hierdoor kan periodiek de planning rondom de verduurzaming van de gebouwde omgeving worden aangepast. Waterstof dient als laatste redmiddel beschouwd te worden voor locaties waar alternatieven niet voorhanden zijn.

8

Thema Toepassingen Elektriciteitsopwekking

- Door meer variabele opwekking van duurzame energie is flexibiliteit in het elektriciteitssysteem nodig.
- Nederlandse gascentrales bieden een goede uitgangspositie voor omschakeling van aardgas naar waterstof.
- In het coalitieakkoord is subsidie voor de ombouw van gascentrales opgenomen en er wordt toegewerkt naar een instrument hiervoor.
- Op basis van ETS zal hele elektriciteitssector, samen met de grote industrie in de EU in 2040 per saldo geen CO₂ meer uitstoten.

8.1 Beschrijving thema Toepassingen Elektriciteitsopwekking

Volgens de Klimaat- en Energieverkenning 2021⁵⁷ (blz. 108) is in 2030 in Nederland 75% van de elektriciteit die we verbruiken, opgewekt uit hernieuwbare bronnen, waarbij zonne- en windenergie de hoofdrol spelen. Het aanbod van elektriciteit zal variëren met de hoeveelheid wind en zon, waardoor flexibiliteit in het elektriciteitssysteem nodig is. Die flexibiliteit kan bestaan uit internationale uitwisseling, koppeling met opslag in bijvoorbeeld batterijen, flexibiliteit in de vraag (onder meer elektrolyse) en flexibele opwekking.

Deze flexibele opwekking zal in toenemende mate CO₂-vrij moeten zijn. Dit kan door CO₂-vrije brandstoffen toe te passen, of door CO₂ -af te vangen. Gezien de cruciale rol van CO₂-vrije elektriciteit voor elektrificatie van de mobiliteit, de industrie en de gebouwde omgeving, zal de elektriciteitssector al rond 2035 grotendeels CO₂- neutraal moeten zijn. Flexibele opwekking op basis van CO₂-vrije brandstoffen, zal dan ook in de verre toekomst een belangrijk onderdeel blijven in de elektriciteitsvoorziening om in de inflexibele elektriciteitsvraag te voorzien die niet wordt gedekt uit opwekking van zon en wind.

Waterstof en groen gas zijn voor de hand liggende CO₂-vrije brandstoffen voor flexibele opwekking van elektriciteit. Voor kolencentrales wordt steeds vaker ook (geïmporteerde) ammonia genoemd, waar onder anderen Japan op inzet. Door hun relatief hoge regelsnelheden - ten opzichte van onder meer CCS, BECCS en kernenergie - zijn deze brandstoffen daarnaast complementair aan de verdere groei van hernieuwbare bronnen, wat hen een strategische optie maakt. Nederland heeft met zijn vele en moderne gascentrales een goede uitgangspositie. Dit, omdat deze centrales aanpasbaar zijn en geschikt te maken voor het deels of volledig inzetten van waterstof of groen gas in plaats van aardgas. Zie bijvoorbeeld de Annual market update van TenneT 2021 (blz. 18-19)⁵⁸.

Als we specifiek kijken naar waterstof, zouden gascentrales op waterstof ook kunnen bijdragen aan de versnelling van de waterstofeconomie. In het coalitieakkoord is daarnaast een subsidie voor de ombouw van gascentrales opgenomen. Hoe de subsidie eruit zal komen te zien is nog niet duidelijk, maar ombouw naar verschillende mate van bijmenging en/of de volledige inzet van waterstof behoort tot de mogelijkheden. Bij een aantal gasgestookte elektriciteitscentrales⁵⁹ wordt nu al ingezet op de mogelijkheid om waterstof als brandstof in te zetten. De uiteindelijke reductie die hiermee wordt behaald, is afhankelijk van de inzet van CO₂-vrije brandstof in de centrales. Gezien de nu nog zeer beperkte beschikbaarheid van waterstof en de te verwachten toenemende (normering van de) vraag uit de industrie en transportsector zal daadwerkelijke grootschalige inzet waarschijnlijk pas na 2030 plaatsvinden. Daarbij is de inzet van die brandstof weer afhankelijk van brandstof- en ETS-prijzen en wellicht van aanvullende financiële steun. Centrales zullen zichzelf namelijk niet uit de zogeheten 'merit order' drukken (de volgorde waarin centrales worden ingezet, vastgesteld op basis van hun productiekosten). Het feit dat er in 2030 61% minder ETS-rechten worden uitgegeven dan de uitstoot in 2005 en in 2040 100% minder, zorgt er echter voor dat centrales linksom of rechtsom uiteindelijk CO₂-vrij zullen moeten opereren. Waarschijnlijk is dit in 2035 voor een groot deel al het geval. Dit gecombineerd met de verwachting dat er, in tijden van weinig tot geen hernieuwbare opwekking op gigawatt-schaal regelbaar vermogen nodig zal blijven, maakt dat toepassing van waterstof voor elektriciteitsopwekking zeer aannemelijk is. Wanneer en in welke mate waterstof zal worden toegepast en welke locaties hiervoor het meest geschikt zijn, is echter sterk afhankelijk van de ontwikkelingen binnen andere thema's die in dit document zijn benoemd. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om onderwerpen als productie, import en export, infrastructuur en opslag, en innovatie.

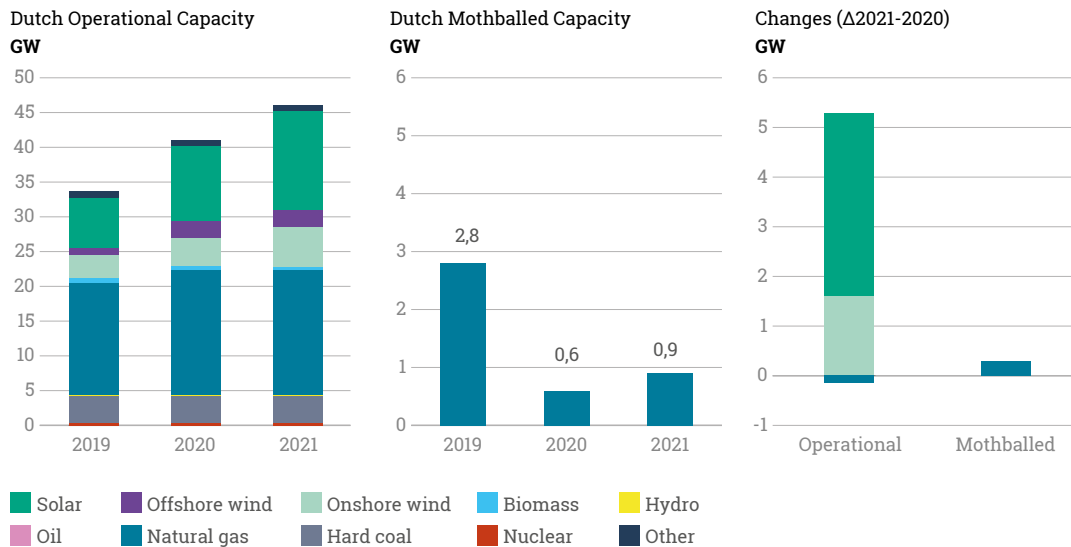
⁵⁷ Zie bronnenlijst

⁵⁸ Zie bronnenlijst

⁵⁹ Voorbeelden: RWE neemt Magnumcentrale over van Vattenfall, en upgrade Maximacentrale door Engie, zie bronnenlijst

Figuur 8.1 **Capacity in the Netherlands**

Main capacity increase by Solar PV, wich increased by 3,6 GW
Onshore wind increased with 1,6 GW

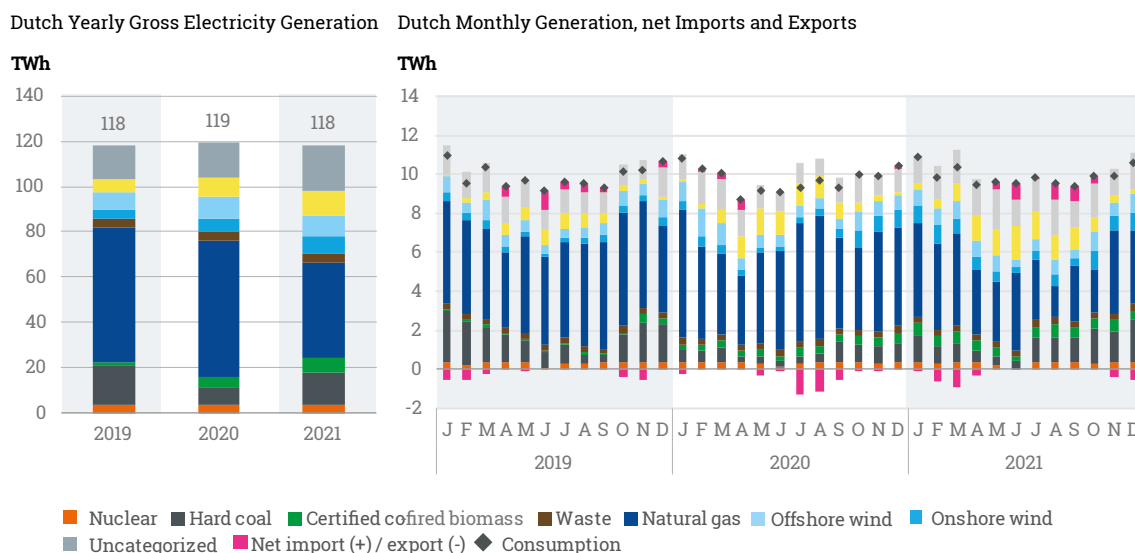


The figures represent the end-of-year installed capacity as observed on Decemeber 31st of 2019, 2020 and 2021

Source: TenneT NL, CBS, Solar Trendrapport 2022

Figuur 8.2 **Generation in the Netherlands**

Increase of import, solar, onshore and offshore wind
Reduced gas-fired and increased coal-fired and biomass co-fired generation



*Generation figures are based on a new methodology that combines measured generation by TenneT with decentralized and/or behind the meter generation. In the past editions this was only electricity infeed measured on public grids: ~79-85% of total NL generation.

Het rapport 'Naar een CO₂-vrij elektriciteitssysteem in 2035'⁶⁰ geeft aan dat de hoeveelheid benodigde petajoule (PJ) waterstof, mede afhankelijk is van de inzet van kernenergie en biomassa (inclusief negatieve emissies). Voor elektriciteitsopwekking is koolstofarme waterstof ook een mogelijkheid. Dit omdat er geen verplichtingen gelden voor de inzet van hernieuwbare waterstof in elektriciteitsproductie (in tegenstelling tot de verwachte verplichtingen voor de industrie- en transportsector in de Hernieuwbare Energierichtlijn).

De omvang van de vereiste aanpassingen om een gasturbine te configureren zodat deze geschikt is voor waterstof, hangt af van het gewenste percentage bijmenging van waterstof, de initiële configuratie van de gasturbine en de algehele balans van de installatie. Nieuwe turbines kunnen nu al geconfigureerd worden om grote volumes waterstof te verbranden. De verwachting is dat turbinefabrikanten rond 2025 turbines aanbieden die voor 100% draaien op waterstof. Naast het aanpassen van turbines zijn ook andere aanpassingen in bestaande elektriciteitscentrale nodig. Denk daarbij aan ventilatiesystemen, warmteterugwinning en rookfilters.

8.2 Detail-routekaart Toepassingen Elektriciteitsopwekking

8.2.1 Fase 2022-2025

Doelen

Uitvoeren eerste tenders voor het ombouwen van gascentrales en het geschikt(er) maken van gascentrales voor het gebruik van waterstof bij onderhoud.

Acties

Uitwerken van de opgave uit het coalitieakkoord, waarbij wordt ingezet op het ombouwen van gascentrales zodat deze CO₂-vrij gas kunnen inzetten. Er wordt gewerkt aan een brief aan de Tweede Kamer waarin een eerste uitwerking wordt geschetst. Daarna wordt het instrument verder uitgewerkt, vinden de staatssteunmeldingen plaats en worden voorstellen gedaan voor benutting van de middelen uit het Klimaatfonds (voorjaarsbesluitvorming 2023). De sector en bevoegd gezag kunnen de benodigde vergunningsvoorwaarden verhelderen. Voor de leveranciers en eigenaren van gasturbines is het mogelijk meer inzicht te krijgen in de effecten van het toepassen van waterstof op onderhoud en betrouwbaarheid.

Mijlpalen

Kamerbrief en de publicatie van de subsidieregeling voor de ombouw van gascentrales; eerste tender(s).

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

Een deel van de gascentrales kan in deze fase, voordat men gebruik heeft gemaakt van de regeling, al waterstof bijmengen. Dit is echter nog een te duur alternatief. Daarom is het belangrijk om elektriciteitsopwekking uit waterstof op gelijke voet te laten concurreren met internationale uitwisseling, opslag in bijvoorbeeld batterijen, flexibiliteit in de vraag en flexibele opwekking op basis van andere CO₂-vrije brandstoffen, of met CO₂-afvang. Inzicht in de timing van beschikbaarheid van waterstof, infrastructuur en opslag is van belang.

8.2.2 Fase 2025-2030

Doelen

Een deel van de gascentrales die deels waterstof kunnen inzetten, voorbereiden op het toepassen van waterstof en mogelijk het volledig ombouwen van de eerste gascentrales.

⁶⁰ Zie bronnenlijst

Acties

Eventueel een vervolgregeling.

Mijlpalen

Nader in te vullen.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

Deze randvoorwaarden en de relatie met andere thema's zijn dezelfde als in de fase van 2022-2025. Aanvullend zal er duidelijkheid moeten zijn over vergunningverlening. Dit om rekening te houden met bijkomende zaken die een rol spelen bij een volledig naar waterstof omgebouwde aardgascentrale (zoals stikstofemissies).

8.2.3 Fase na 2030

Doelen

Ombouw laatste gascentrales (ETS-gedreven).

Het Europese emissiehandelssysteem (EU-ETS) is van toepassing op de elektriciteitssector. Elektriciteitsopwekking uit kolen of aardgas vereist emissierechten. Voor het bestaande EU-ETS stelt de Europese Commissie voor⁶¹ om het emissiereductiedoel aan te scherpen. Het doel in de huidige richtlijn is 43% reductie in 2030 ten opzichte van 2005. De Commissie stelt voor de jaarlijkse daling van het plafond te verhogen van 2,2% naar 4,2%, wat neerkomt op een reductiedoel van 61% in 2030 ten opzichte van 2005. Als bij de volgende herziening van de richtlijn voor de vijfde handelsperiode (2030–2040) de jaarlijkse reductie onverkort doorgaat, dan bereikt het reductiedoel 100% en het plafond het nulpunt in 2040. Dit betekent dat de gehele elektriciteitssector in de EU dan, samen met de grote EU-industrie, in 2040 per saldo geen CO₂ uitstoot. Negatieve emissies in Nederland of het buitenland kunnen het wel mogelijk maken dat de elektriciteitssector in Nederland per saldo een negatieve of positieve CO₂-uitstoot heeft. Daarom is het belangrijk dat de regeling omtrent ombouw in deze fase zijn werk heeft gedaan en de markt een steuntje in de rug heeft gekregen om centrales juist in Nederland voor CO₂-vrije brandstof geschikt te maken.

Acties

Uitvoeren van de laatste ombouw, mogelijk nieuwbouw van CO₂-vrije flexibele opwekking, waaronder gascentrales op CO₂-vrije brandstoffen.

Mijlpalen

Nader vast te stellen.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

Voldoende volume, infrastructuur en opslag van waterstof.

⁶¹ Zie bronnenlijst



- Zowel Europees als nationaal beleid is bepalend voor de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt.
- Vooral de herziening van de Renewable Energy Directive (RED) en het EU-waterstof- en -decarbonisatiepakket hebben impact op de Nederlandse waterstofmarkt; de onderhandelingen hierover zijn nog gaande.
- Voor de Nederlandse marktordening is de vraag wat betreft de 'wie mag wat' grotendeels ingevuld, maar moeten er in de jaren tot 2025 nog belangrijke keuzes worden gemaakt, onder meer op het gebied van waterstof op zee en distributienetten.
- Daarnaast zijn beleid voor CO₂-reductie (Europese ETS en Nederlandse CO₂-heffing) en de verschillende bestaande en aangekondigde ondersteunende beleidsinstrumenten (subsidies) van belang voor het ontwikkelen van de markt.

9.1 Beschrijving thema Beleidskader

Europees en nationaal beleid leggen het fundament voor de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt. Zo wordt vanuit Europa verschillende wet- en regelgeving opgesteld die onder meer eisen stelt aan de duurzaamheid van waterstof en daarnaast doelen stelt voor het gebruik. Op nationaal niveau zijn er verschillende instrumenten die de opschaling van hernieuwbare waterstof stimuleren om zo een markt voor hernieuwbare waterstof te creëren. Ook marktoordening is een belangrijk thema, omdat de ordening van de markt bepalend is voor de wijze waarop productie, transport, opslag-, en import met elkaar interacteren. Dit hoofdstuk omvat een overzicht van het bestaande Europese en nationale beleid dat belangrijk is voor de ontwikkeling en ordening van de waterstofmarkt.

9.2 EU en Internationaal

De ontwikkeling van de waterstof in Nederland is per definitie grensoverschrijdend. Zonder samenwerking in Europees en internationaal verband komt de waterstofmarkt niet van de grond. Het internationale aspect zit daarom in elk thema van het NWP verweven. In dit overzicht van de Topsector Energie⁶² staat een groot aantal internationale organisaties en initiatieven beschreven, zoals het IEA, het IPHE en de CEM.

Voor Nederlands waterstofbeleid is vooral Europese wetgeving relevant. In dit hoofdstuk is geprobeerd een handzaam overzicht te geven van de Europese wetgeving en hoe deze relevant is voor de thema's in het NWP.

Belangrijk is te beseffen dat dit overzicht niet compleet is. Het voert te ver om alle wetsvoorstellen hier uitgebreid toe te lichten; ook omdat de inhoud van de voorstellen nog kan veranderen door de lopende onderhandelingen tussen de Europese Commissie, de Europese Raad en het Europees Parlement. Dit overzicht is daarom vooral bedoeld als wegwijzer.

Naast bestaand of aangekondigd beleid zijn ook de trajecten die de EU in REPowerEU heeft aangekondigd van belang. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om de Green Hydrogen Partnerships, Global Hydrogen Facility (Hydrogen Bank/waterstofbank) en de Hydrogen Corridors.

9.2.1 Europese waterstofstrategie

In juli 2020 heeft de Europese Commissie haar waterstofstrategie gepresenteerd⁶³. De strategie is onderdeel van de European Green Deal waarin staat hoe Europa in 2050 klimaatneutraal moet zijn. De waterstofstrategie laat zien dat waterstof een essentieel onderdeel is van een geïntegreerd Europees en klimaatneutraal energiesysteem. In de strategie staat een doelstelling van minimaal 40 gigawatt (GW) aan geïnstalleerde elektrolysecapaciteit en een productie van 10 miljoen ton (1200 petajoule (PJ)) hernieuwbare waterstof in 2030. Nog eens 40 GW moet buiten de EU geïnstalleerd worden zodat de EU in 2030 ook 10 miljoen ton hernieuwbare waterstof kan importeren.

Om deze doelstellingen te realiseren is het nodig bestaande wetgeving aan te passen. Hiervoor heeft de Commissie in juli 2022 een groot pakket aan voorstellen voor wetswijzigingen gepresenteerd: het zogeheten Fit-for-55-pakket⁶⁴. De schema's onderaan bieden een overzicht van de meest relevante wetgeving of wetsvoorstellen (die nog niet definitief zijn) waar bepalingen in staan op het gebied van waterstof. Deze bepalingen hebben grote impact op de Nederlandse waterstofmarkt. Zo bepalen ze bijvoorbeeld wat de definitie van hernieuwbare en koolstofarme

⁶² Zie bronnenlijst

⁶³ Zie bronnenlijst

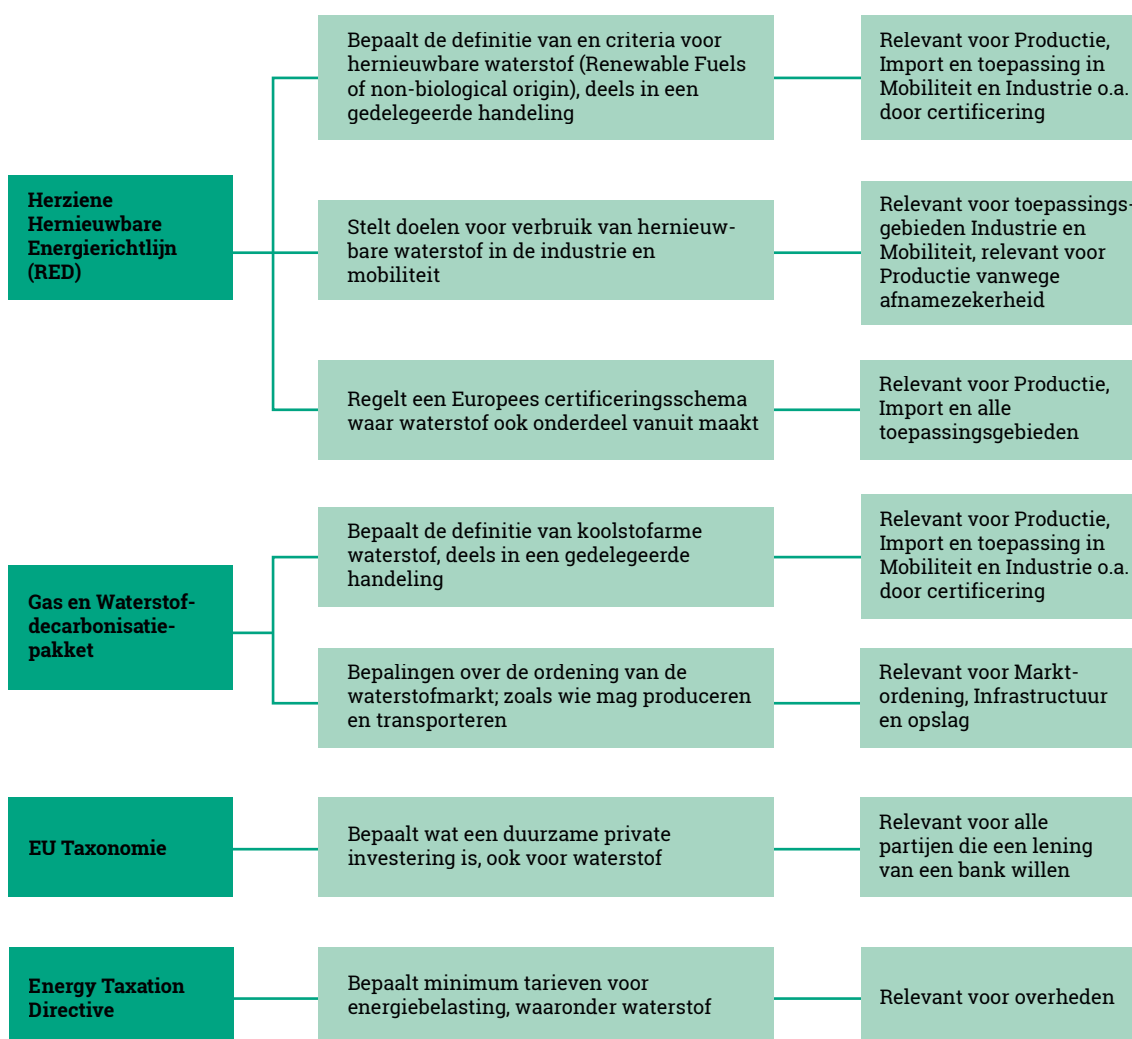
⁶⁴ Zie bronnenlijst

waterstof is, en daarmee aan welke voorwaarden Nederlandse waterstofprojecten moeten voldoen om subsidie te mogen ontvangen.

Naast onderstaande beleidsvoorstellen, waarin waterstof direct genoemd wordt, is natuurlijk ook de herziening van Emissiehandelssysteem (ETS) relevant voor de opschaling van de waterstofmarkt. Het uitstoten van CO₂ wordt steeds duurder, hetgeen grote uitstoters dwingt te zoeken naar schone alternatieven.

2 belangrijke onderdelen van het Europese waterstofbeleid worden onder het schema wel verder toegelicht: de herziening van de Renewable Energy Directive en de Important Projects of Common European Interest (IPCEI). Daar wordt voornamelijk in het hoofdstuk productie veel naar verwezen.

Figuur 9.1 **Relevante wetgeving of wetgevingsvoorstellen**



Regelgeving voor het geven van subsidies:

Important Projects of European Interests (IPCEI)	Speciale set aan regels waarmee EU lidstaten tegelijk en op grote schaal subsidie kunnen geven aan Europese projecten die met elkaar samenwerken	Relevant voor Productie, Import, Maakindustrie en Innovatie
TEN-E (Transeuropean networks for Energy)	Regelt de voorwaarden voor financiering van grensoverschrijdende waterstofprojecten	Relevant voor Infrastructuur en Opslag
Horizon Europe	Innovatiemiddelen voor uiteenlopende R&D-thema's o.a. de ontwikkeling van waterstofvalleys door de Clean Hydrogen Joint Undertaking	Relevant voor innovatie in de hele waterstofketen

Regelgeving specifiek voor mobiliteit:

TEN-T (Transeuropean networks for Mobility)	Regelt de voorwaarden voor financiering van grensoverschrijdende waterstofprojecten rond het thema mobiliteit	Relevant voor Mobiliteit
Fuel EU Maritime	Stelt doelen voor het gebruik van waterstof in de scheepvaart	Relevant voor Mobiliteit
Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR)	Stimuleert de ontwikkeling van tank- en laadinfrastructuur	Relevant voor Mobiliteit
ReFuelEU Aviation	Stelt doelen voor het gebruik van synthetische brandstoffen in de luchtvaart	Relevant voor Mobiliteit

9.2.2 Herziening van de Renewable Energy Directive

Bindende doelen voor gebruik van hernieuwbare waterstof

De Europese Commissie heeft als onderdeel van het Fit-for-55-pakket een herziening van de Renewable Energy Directive (RED) voorgesteld. Over dit voorstel zijn de onderhandelingen tussen de Europese Commissie, de Europese Raad en het Europees Parlement nog gaande. Naar verwachting worden deze onderhandelingen eind 2022 formeel afgerond.

In het Commissievoorstel staan voorstellen voor een bindend doel voor het gebruik van zogeheten *Renewable Fuels of Non-Biological Origin* (RFNBO). Dit is de formele term voor energiedragers als hernieuwbare waterstof en derivaten, zonder biologische oorsprong. De Europese Commissie heeft een voorstel gedaan voor een bindend doel voor het gebruik van RFNBO's van 50% van het totale waterstofgebruik in de industrie en 2,6% van al het energiegebruik in de transportsector voor 2030. Deze doelen richten zich op waterstofgebruik, dus zowel geïmporteerde als in een lidstaat zelf geproduceerde waterstof mag meetellen.

De lidstaten willen een lager bindend doel voor gebruik van hernieuwbare waterstof van 35% in de industrie in 2030 en 50% in 2035. Voor de transportsector willen zij geen bindend doel, maar een indicatief doel van 5,2%. Het Europees Parlement is voor bindende doelen voor de industrie van 50% in 2030 en 70% in 2035, en van 5,7% voor de transportsector (zonder dubbeltelling).

De hoogte van de doelstellingen staat dus (op moment van schrijven) nog niet vast. Dat er doelstellingen gaan komen, lijkt echter wel zeker. Dit betekent dat Nederland hoe dan ook beleid moet gaan maken om de doelstellingen te halen. De tabel hieronder geeft een indicatie van de verwachte opgave voor Nederland, op basis van het verwachte energieverbruik in de mobiliteitssector en het waterstofgebruik in de industrie.⁶⁵ Als het energieverbruik in deze sectoren in 2030 min of meer gelijk is aan het huidige niveau dan is er naar verwachting 60-100 PJ hernieuwbare waterstof nodig. Het ligt in de lijn der verwachting dat de uitkomst van de onderhandelingen tussen de inzet van de Raad en het Parlement in ligt.

Tabel 9.1 **Hoogte voorgestelde Europese waterstofdoelen**

	Doelstelling mobiliteit 2030	Type doelstelling	Opgave voor mobiliteit	Doelstelling industrie 2030	Type doelstelling	Opgave voor industrie	Totale opgave
Origineel voorstel EC	2,6%	bindend	29PJ	50%	bindend	49-98 PJ	78-127 PJ
Raads-compromis	5,2% (dubbeltellend, dus 2,6% fysiek, net zoals CIE voorstel)	indicatief	18PJ (i.v.m. beperking scope)	35% (+beperking scope)	bindend	35-43 PJ	53-61 PJ
Parlements-inzet	5,7%	bindend	58PJ	50%	bindend	49-98 PJ	107-156 PJ

Duurzaamheidseisen voor hernieuwbare waterstof

De komende maanden moet ook meer duidelijk worden over de Europese eisen voor hernieuwbare waterstof. De formele vaststelling van de duurzaamheidseisen kan nog tot begin 2023 duren. De Europese Commissie heeft een voorstel gedaan voor eisen in zogeheten gedelegeerde handelingen. Meer recent heeft het Europees Parlement een eigen tegenvoorstel gedaan als onderdeel van zijn positie in de onderhandelingen over de herziening van de Renewable Energy Directive. Welk compromis uit deze onderhandelingen voortkomt moet de komende maanden blijken.

In mei 2022 heeft de Europese Commissie 2 concept gedelegeerde handelingen gepubliceerd voor de transportsector. Deze eisen moeten bij vaststelling van de herziene RED gaan gelden voor alle sectoren. Dat de eisen er zo uit gaan zien, staat echter nog niet vast.

1. De eerste gedelegeerde handeling, op basis van artikel 27(3) in de huidige RED II, stelt voorwaarden aan de gebruikte en gecontracteerde elektriciteit voor productie van waterstof met elektrolyse. Het doel van de eisen is zeker te stellen dat de toename van waterstofproductie gepaard gaat met een toename van elektriciteitsproductie.
2. De tweede gedelegeerde handeling, op basis van artikel 28(5) in de huidige RED II, bepaalt de methodologie voor berekening van de gerealiseerde CO₂-reductie van productie tot en met toepassing van de geproduceerde waterstof.

⁶⁵ Voor schatting van het waterstofgebruik in de industrie zie het rapport '50% green hydrogen for Dutch industry' van CE Delft en TNO, zie bronnenlijst

De eisen in deze gedelegeerde handelingen bepalen voor een groot deel de vormgeving van het Nederlandse waterstofbeleid. De Europese Commissie (EC) ziet de eisen namelijk als leidraad voor goedkeuring voor subsidies en, zoals hierboven aangegeven. Ook stelt de EC eisen op voor hernieuwbare waterstof, waarmee voldaan kan worden aan de bindende doelen voor het gebruik van hernieuwbare waterstof in de industrie en transport.

Gedelegeerde handeling voor additionaliteit

De gedelegeerde handeling op basis van artikel 27(3) RED II stelt voorwaarden aan de gebruikte en gecontracteerde elektriciteit voor productie van waterstof met elektrolyse. In de eerste plaats moet het gaan om elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, zoals bijvoorbeeld zon of wind of waterkracht. Waterstof uit kernenergie of uit aardgas met CCS (blauwe waterstof) vallen hier niet onder. Voor dergelijke 'koolstofarme' waterstof komen later aparte regels (als onderdeel van het decarbonisatiepakket). In de concept gedelegeerde handeling geldt deze regel niet alleen als er sprake is van een directe kabelverbinding tussen het park en de elektrolyser, maar ook als de waterstofproducent de elektriciteit via een *Power Purchase Agreement* (PPA) inkoopt en via het elektriciteitsnet over de elektriciteit beschikt. In dat geval moet de waterstofproductie wel aan extra voorwaarden voldoen:

1. gelijktijdigheid: de elektrolyser mag niet in gebruik worden genomen later dan 3 jaar na het wind- of zonnepark. Gebeurt dat toch, dan is geen sprake meer van additionaliteit. Als binnen 2 jaar de capaciteit wordt uitgebreid dan geldt dezelfde ingebruiknamedatum voor de aanvullende capaciteit;
2. subsidieeloos zijn: de elektriciteitsproductie heeft geen subsidie (investerings- noch exploitatiesubsidie) verkregen;
3. temporele correlatie: de elektrolyser moet in hetzelfde uur elektriciteit gebruiken als de gekoppelde elektriciteitsbronnen (windturbines, zon-PV-installaties) elektriciteit opwekken. Opslag mag als het laden van de batterij aan deze voorwaarde voldoet;
4. geografische correlatie: de gebruikte elektriciteit moet komen uit dezelfde biedingszone voor elektriciteit, of in een naastgelegen biedingszone. Dat moet dan gaan om een offshore biedingszone of een biedingszone op land als er geen sprake is van congestie.

Voor projecten die tot 2027 in gebruik worden genomen, gelden er volgens de concept gedelegeerde handeling soepeler regels en hoeft nog niet te worden voldaan aan de eerste 2 eisen. Ook hoeft de productie van de hernieuwbare elektriciteit nog niet op uur- maar op maandbasis gelijk te lopen met de productie van waterstof.

Het Europees parlement lijkt het niet eens met de strenge eisen voor additionaliteit. In plaats daarvan mogen producenten elektriciteit van het net gebruiken, op voorwaarde dat ze het als hernieuwbare elektriciteit kunnen verifiëren door voor hetzelfde volume *Power Purchase Agreements* (PPA's) van installaties voor hernieuwbare energie af te sluiten en aan te tonen dat de gecontracteerde hernieuwbare elektriciteit niet elders ook wordt geteld. Hiervoor ziet het Europees Parlement waarschijnlijk het gebruik van Garanties van Oorsprong als oplossing. Het saldo tussen gebruikte en gecontracteerde elektriciteit wordt tot 2030 op kwartaalbasis verantwoord en daarna op maand-, kwartaal- of jaarbasis.

Gedelegeerde handeling voor CO₂-reductie

Volgens dit conceptvoorstel moet hernieuwbare waterstof ten minste 70% CO₂-reductie opleveren ten opzichte van het fossiel alternatief. Ook koolstofarme waterstof moet aan deze definitie voldoen. Deze eisen staan ook in het voorgestelde decarbonisatiepakket. De tweede gedelegeerde handeling, op basis van artikel 28(5) RED II, stelt de referentiewaarde van het fossiele alternatief op 94 gram per megajoule (MJ) (dat is gelijk aan de energetische waarde van ruim 8 gram waterstof). Daarnaast wordt in deze regeling de methodologie uiteengezet voor de berekening van de gerealiseerde CO₂-reductie van productie tot en met toepassing van de geproduceerde waterstof of andere RFNBO. De waarde van 70% CO₂-reductie lijkt niet meer te veranderen, omdat deze ook is opgenomen in de voorwaarden voor subsidiering onder de Trans-European Networks for Energy (TEN-E) en de Europese taxonomie.

EU-waterstof- en gas decarbonisatiepakket

Het door de Europese Commissie voorgestelde EU-waterstof- en gas decarbonisatiepakket bestaat uit een herziening en herschikking van de Europese Gasrichtlijn en Gasverordening. De voorstellen maken deel uit van het Fit-for-55 pakket en zijn er daarmee (mede) op gericht om het Europese doel van 55% broeikasgasemissiereductie in 2030 te behalen zoals dat is vastgelegd in de Europese Klimaatwet. Het pakket is gericht op het goed functioneren van de Europese interne markt voor aardgas, hernieuwbare- en koolstofarme gassen en waterstof en het verkrijgen van effectieve toegang tot markten en infrastructuur voor marktpartijen. Dit moet uiteindelijk bijdragen aan verduurzaming, leveringszekerheid en betaalbaarheid.

De Europese Commissie onderscheidt 4 probleemgebieden die aanleiding geven tot een herziening van de Europese regelgeving voor gassen.

1. Waterstofinfrastructuur en markten.

De Commissie wil barrières wegnemen voor de ontwikkeling van een Europese grensoverschrijdende waterstofmarkt en de parallelle ontwikkeling van infrastructuur voor het transport, opslag en import/export van waterstof, naast de bestaande infrastructuur voor (aard) gas. Dit gebeurt onder meer door het stellen van regels met betrekking tot het beheer van waterstofnetwerken en het stellen van kaders voor hergebruik van bestaande gasleidingen voor het transport van waterstof. Omdat de waterstofmarkt en -infrastructuur zich nog moeten ontwikkelen, biedt de Commissie flexibiliteit. Bijvoorbeeld voor het moment van inwerkingtreding van EU-breed geharmoniseerde systemen. De Commissie doet ook voorstellen rondom de definitie en certificering van koolstofarme waterstof. Koolstofarme waterstof definieert de Commissie als 'waterstof uit niet-hernieuwbare bronnen die ten minste 70% CO₂-reductie oplevert'.

2. Toegang tot bestaande (aard)gasinfrastructuur en markten voor hernieuwbare en koolstofarme gassen en leveringszekerheid.

Dit deel van het voorstel richt zich op de bijdrage van hernieuwbare of koolstofarme gassen – in het bijzonder biogas en groen gas – aan de verduurzaming van het bestaande gassysteem. De Commissie doet voorstellen om de toegang van hernieuwbare of koolstofarme gassen tot groothandelsmarkten – via het hoge druk transmissienet – te verbeteren. En zij doet voorstellen voor de harmonisatie van gaskwaliteitsstandaarden. Dit moet de (grensoverschrijdende) handel in hernieuwbare en koolstofarme gassen verbeteren. Om deze gassen meer concurrerend te maken met aardgas stelt de Commissie ook voor om deze een korting te geven op de capaciteitstarieven.

Tot slot doet de Commissie voorstellen met betrekking tot leveringscontracten voor aardgas voor de lange termijn en met betrekking tot strategische gasopslagen die toegankelijk moeten zijn voor alle buurlanden.

3. Netwerkplanning.

De Commissie pleit voor een gecoördineerde ontwikkeling van energienetwerken voor gas, elektriciteit en waterstof. Een gezamenlijke scenario-ontwikkeling voor gas en elektriciteit – door verschillende landelijke en regionale netbeheerders – zou inefficiënte (over-) investeringen in energie infrastructuur kunnen voorkomen. De voorgestelde verplichtingen voor waterstof zouden lichter zijn. Onder meer doordat de nationale toezichthouder geen formele instemmingsbevoegdheid krijgt.

4. Bescherming en participatie eindgebruikers.

In het voorgestelde pakket staat de consument centraal. De Commissie wil meer mededinging realiseren en meer keuzevrijheid voor eindgebruikers. Een betere informatievoorziening aan eindgebruikers zou hieraan kunnen bijdragen. De voorstellen rondom de bescherming en informatiepositie van de eindgebruiker betreffen een spiegeling van soortgelijke maatregelen onder de Elektriciteitsrichtlijn. Het gaat hier om een vrije keuze van leverancier, standaard

contractvoorwaarden, het recht op wisselen van leverancier, toegang tot onafhankelijke vergelijkingssites en het recht om een zogenoemde 'actieve consument' te worden of een energiegemeenschap te vormen.

9.3 Nationaal beleid

9.3.1 Marktordening

Marktordening betreft het geheel van regels en wetten dat beschrijft welke partijen (publiek en privaat) onder welke voorwaarden (regels, regulering) op een markt actief mogen zijn of mogen toetreden, en ook welke rechten en plichten eindafnemers hebben. Kijkend naar de waterstofmarkt die zich de komende jaren moet ontwikkelen, is het dus vraag welke partijen actief mogen zijn op het gebied van productie/elektrolyse, transport, (ondergrondse) opslag en aanleg en beheer van import/export-terminals. Daarnaast is de vraag van belang onder welke voorwaarden deze partijen dit mogen doen en hoe kan worden verzekerd dat voldoende gebruikers onder redelijke voorwaarden toegang hebben tot deze diensten. De Kabinetten Rutte III⁶⁶ en IV⁶⁷ hebben beide al stilgestaan bij de ontwikkeling van marktordening voor de waterstofketen. Hiermee is de marktordening, voor wat betreft de vraag 'wie mag wat?' al grotendeels ingevuld.

Tabel 9.2 Samenvatting marktordening binnen waterstofsysteem

	Commerciële marktpartij	Publiek netbeheerder	Publiek netwerkbedrijf
Productie/elektrolyse	Ja , overheid en net-beheerders kunnen middels ruimtelijk instrumentarium en netwerkplannen gunstige locaties voor elektrolyse identificeren	Nee	Nee, tenzij in het belang van systeemfunctie van elektrolyse en marktpartijen dit onvoldoende (tijdig) oppakken ondanks het bestaan van overheidssteun en marktprikkels
Transport-netten	Ja, indien er sprake is van een bestaand of geografisch afgebakend net. Bij groot-schalige private initiatieven wil ik voorkomen dat deze leiden tot fragmentatie en inefficiënte concurrentie met het publieke transportnet.	Ja , aanwijzing van HNS als publiek netbeheerder van landelijke transportnet is voorzien in 2025. Wettelijk kader voor regionaal niveau is in ontwikkeling. Onderzoek naar publiek offshore netbeheer is nodig.	Ja, totdat er sprake is van een aangewezen netbeheerder voor waterstof binnen de groep
Grootschallige (ondergrondse) opslag	Ja , regels over derden-toegang en tarieven afhankelijk van uitkomst EU onderhandelingen	Nee, tenzij nodig voor de uitvoering van een toekomstige wettelijke taak op het gebied van leverings-zekerheid	Ja , regels over derden-toegang en tarieven afhankelijk van uitkomst EU onderhandelingen
Importterminal	Ja , regels over derden-toegang en tarieven afhankelijk van uitkomst EU onderhandelingen	Nee	Ja , regels over derden-toegang en tarieven afhankelijk van uitkomst EU onderhandelingen

⁶⁶ Zie bronnenlijst

⁶⁷ Zie bronnenlijst

In de komende jaren dienen er echter nog belangrijke keuzes te worden gemaakt op het gebied van onder meer de:

- marktordening waterstof op zee;
- marktordening distributienetten;
- marktordening voor (grensoverschrijdende) CO₂-transport- en -opslaginfrastructuur;
- Europese marktordening voor waterstof als onderdeel van het EU-waterstof- en -gas decarbonisatiepakket (hierna: decarbonisatiepakket);
- regels over derden-toegang en tarieven voor infrastructuur;
- ruimte voor regionale netbeheerder op het gebied van waterstof;
- inrichting van groot- en kleinhandelsmarkten.

Rond 2030 is de marktordening voor waterstof gereed, op gedetailleerde wijzigingen en/of uitwerkingen na vanwege voortschrijdende inzichten. Er is duidelijkheid over rollen en verantwoordelijkheden tussen netbeheerders, netwerkbedrijven, beheerders van opslag en terminals en producenten. Het landelijke transportnet wordt volop gebruikt en daarmee start ook de eerste reguleringsperiode waarbij de Autoriteit Consument en Markt de tarieven vaststelt. Er is een waterstofnetbeheerder op zee en er geldt regelgeving die de beheerders van het waterstofnet en elektriciteitsnet op zee dwingen om vanuit netwerkoptimalisatie nauw samen te werken. De marktordening op zee maakt energiehubs mogelijk met daarop grootschalige gecentraliseerde elektrolyse. Ook op land draagt het reguleringskader bij aan systeemintegratie tussen het elektriciteitssysteem en waterstofsysteem, bijvoorbeeld door de governance rond netwerkplanning en dynamische prikkels in netwerk- en marktregulering. Op Europees niveau is de volgende generatie wetgeving in voorbereiding met het oog op verdere systeemintegratie waarbij de regulatoire 'scheidingswanden' tussen elektriciteit, waterstof en hernieuwbare methaangassen worden opgeheven.

9.3.2 Bestaand en aangekondigd beleid voor marktontwikkeling

Binnen het huidige en aangekondigde subsidie-instrumentarium wordt de productie en het gebruik van hernieuwbare waterstof gestimuleerd binnen verschillende regelingen. Bij veel regelingen moet binnen het project sprake zijn van een bepaalde vorm van innovatie en van milieuwinst (vaak CO₂-emissiereductie) om in aanmerking te komen voor subsidie. De eerste fase van de opschaling van hernieuwbare waterstof is gebaat bij de huidige subsidies voor innovatie en waterstofproductie, maar in de toekomst zal er meer sturing vanuit de vraagkant komen. Hieronder volgt een overzicht van de bestaande en aangekondigde instrumenten.

Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie (MOOI)

De MOOI-subsidieregeling richt zich op het ondersteunen van de ontwikkeling van complete, innovatieve oplossingen die bijdragen aan de klimaatdoelen. Binnen de regeling worden onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten gestimuleerd die binnen 10 jaar tot een eerste toepassing in de industrie leiden. Binnen het MOOI-thema Industrie is een categorie opgenomen die het inzetten van waterstof als CO₂-neutrale brandstof voor hoge temperatuurwarmte in de staalindustrie, chemie, en glas- en keramieksector stimuleert.

Topsector Energie (TSE) Industrie Studies

Binnen de TSE Industrie Studies kan subsidie aangevraagd worden voor het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie, milieustudie of vergelijkbare studie, voorafgaand aan een pilot- of demonstratieproject, of als voorbereiding op milieu-investeringen die vallen binnen de onderzoeksthema's van de regeling. De inzet van waterstof valt onder meerdere programmalijnen binnen de regeling.

Topsector Energie (TSE) Onderzoek en Ontwikkeling

De doelstelling van deze subsidiemodule is om aanvullend op de MOOI-subsidieregeling te komen tot goedkopere, klimaatneutrale en/of circulaire producten, processen en diensten, die uiterlijk in 2030 tot een eerste markttoepassing in een van de voor de klimaatdoelstelling significante

industriële sectoren in Nederland leiden. Het gaat hierbij om innovatieve ontwikkelingen van met name MKB-bedrijven die (nog) niet in een grootschalig consortium kunnen worden opgepakt. De inzet van waterstof valt ook hier onder meerdere programmalijnen binnen de regeling.

Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+)

In 2021 is het programma 'Groenvermogen van de Nederlandse economie' toegekend vanuit het Nationaal Groeifonds. Een van de doelen van het programma is het ontwikkelen van nieuwe toepassingen van hernieuwbare waterstof in de industrie en mobiliteit. Dit omdat de versnelde inzet van waterstof een nieuw verdienvermogen creëert voor belangrijke sectoren als energie, chemie, transport en de hightech-maakindustrie. Zo kan Nederland belangrijke pijlers van het huidige verdienvermogen behouden. Energie-intensieve industrieën en de positie van Nederland als internationaal logistiek knooppunt zijn daar voorbeelden van. Tegelijkertijd kunnen er daarnaast nieuwe duurzame proposities ontstaan op het gebied van bijvoorbeeld groene chemie, synthetische en bio-based brandstoffen, de toelevering en productie van elektrolyzers, en systeemintegratie. Het eerste budget van €30 miljoen vanuit de middelen van het programma Groenvermogen is inmiddels via de DEI+ beschikbaar gesteld voor het stimuleren van pilot- en demonstratieprojecten.

In aanvulling op het algemene doel van de DEI+ om bij te dragen aan het kosteneffectief reduceren van CO₂-emissies in Nederland in 2030, heeft dit thema als doel om pilot- en demonstratieprojecten te ondersteunen die bijdragen aan de versnelde toepassing en – zo mogelijk op langere termijn – kostprijsreductie van waterstoftechnologie, waterstofproductie uit biomassa, elektrochemie, en transport (zoals transmissieleidingen en distributienetten), opslag en eindtoepassingen van waterstof.

Energie-investeringsaftrek (EIA) voor ondernemers

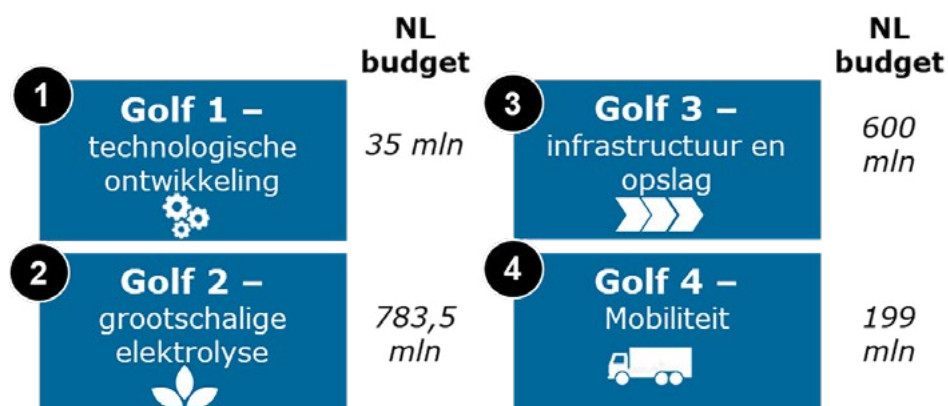
De EIA is een fiscale regeling die het mogelijk maakt om 45,5% van de investeringskosten van een investering die leidt tot CO₂-reductie af te trekken van de winst. Het budget voor 2022 is €149 miljoen. Om voor de EIA in aanmerking te komen, moet een techniek waarin geïnvesteerd wordt op de Energielijst staan. De relevante categorieën van de EIA zijn op dit moment voornamelijk gericht op de inzet van waterstof als brandstof en opslag en distributie van waterstof. Het gaat bijvoorbeeld om:

- het aanpassen van bestaande installaties ten behoeve van het bijmengen van waterstof in aardgas;
- warmtekrachtinstallaties gestookt met waterstof;
- stationaire waterstofopslag;
- privaat waterstofnetwerk.

IPCEI-waterstof

Door middel van het Europese IPCEI-staatssteunkader (IPCEI is: *Important Project of Common European Interest*) kunnen projecten worden gesubsidieerd om een impuls te geven aan de ontwikkeling van Europese waterstofketens. Lidstaten subsidiëren gelijktijdig waterstofprojecten die met elkaar in verbinding staan, waardoor ketens snel tot stand komen. Het gaat om grote projecten die wenselijk worden geacht voor het Europese belang, maar op dit moment onrendabel zijn. Het IPCEI-kader biedt ruimte om tot 100% van de financieringskloof te ondersteunen. Nederland neemt deel aan alle 4 golven binnen IPCEI-waterstof die tot nu toe zijn aangekondigd met een totaalbudget van ruim €1,6 miljard. De golven hebben elk een ander thema en volgen elkaar op. Op het moment van publicatie van deze Routekaart is alleen de eerste golf afgerond. In de andere 3 golven moet selectie van de projecten en toekenning van subsidie nog plaatsvinden.

Figuur 9.2 **Overzicht IPCEI-golven**



CO₂-heffing industrie

Op 1 januari 2021 is de CO₂-heffing industrie in werking getreden. De heffing heeft als doel om én een CO₂-reductie in de industrie te borgen die aansluit bij de geldende industriedoelstelling en Nederland daarbij tegelijkertijd aantrekkelijk te houden voor nieuwe en bestaande duurzame bedrijvigheid. De heffing belast CO₂-uitstoot zodat het onaantrekkelijker wordt om uit te stoten en aantrekkelijker om te reduceren. De inzet van hernieuwbare of koolstofarme waterstof ter vervanging van fossiele energiedragers door bedrijven, kan direct bijdragen aan het vermijden van de CO₂-heffing.

De CO₂-heffing is vormgegeven als een heffing met een afnemende vrijgestelde voet. Een deel van de uitstoot wordt vrijgesteld (in het wetsvoorstel gebeurt dit in de vorm van dispensatierechten); alleen de emissies die met het oog op de industriële reductiedoelstelling van het Klimaatakkoord en daaropvolgende herijkingen, gereduceerd moeten worden, belast worden. De vrijgestelde emissies zullen lineair worden afgebouwd tot in het jaar 2030.

Maatwerk

Met de maatwerkaanpak worden bindende en wederkerige afspraken gemaakt met de 20 grootste industriële uitstoters van broeikasgassen om het additionele CO₂-reductie potentieel van de industrie maximaal te benutten en ervoor te zorgen dat industriële bedrijven in Nederland actief blijven. Hiertoe wordt gekeken naar de versnelling van de uitrol van kritische infrastructuur, mogelijkheden voor financiële ondersteuning en het faciliteren van snelle en efficiënte vergunningverlening. Met de maatwerkafspraken worden verduurzamingsroutes zoals waterstof gestimuleerd en omgezet in concrete afspraken met de overheid. Voor de waterstofprojecten worden knelpunten geïnventariseerd op het gebied van regelgeving, financiering en certificering en worden oplossingsrichtingen bedacht om de totstandkoming van deze projecten te versnellen.

Tijdelijk opschalingsinstrument

Het kabinet werkt aan een opschalingsinstrument voor elektrolyse: een subsidieregeling met een budget van € 250 miljoen voor een eerste tender voor elektrolyzers van 0,5 tot 50 MW. Het gaat zowel om investeringssteun als om operationele steun. Daarmee legt het kabinet de basis voor de verdere opschaling met kleinere, snel te realiseren projecten waar andere partijen veel van kunnen leren. Zo vormt deze eerste tender een sterke aanvulling op de andere instrumenten. De eerste tender vindt begin 2023 plaats, mits er duidelijkheid is over de Europese duurzaamheidseisen.

Nationaal Groeifonds

Het Nationaal Groeifonds⁶⁸ is een initiatief van de ministeries van Economische Zaken & Klimaat en Financiën, waarmee tussen 2021 en 2025 €20 miljard wordt uitgetrokken voor projecten die een positief effect hebben op de langetermijngroei van de Nederlandse economie. Het Groeifonds is op dit moment gericht op investeringen op de terreinen Kennisontwikkeling & Onderzoek en Ontwikkeling & Innovatie waar de meeste kansen aanwezig zijn voor structurele en duurzame economische groei. Een onafhankelijke commissie beoordeelt de projecten en geeft advies. Het kabinet besluit of aan projecten geld wordt toegekend. Alleen voorstellen die minimaal € 30 miljoen aan subsidie nodig hebben, komen in aanmerking. In zowel ronde 1 als 2 is budget toegekend aan GroenvermogenNL⁶⁹, dat als doel heeft het innovatieve ecosysteem rond hernieuwbare waterstof en groene chemie op te schalen.

SDE++

De Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) is een subsidie instrument voor de grootschalige productie van duurzame (hernieuwbare) energie en technieken die CO₂ reduceren. De categorie CO₂-arme productie biedt ondersteuning voor CO₂-afvang en -opslag (Carbon Capture and Storage, CCS), CO₂-afvang en -gebruik (Carbon Capture and Utilisation, CCU), geavanceerde hernieuwbare brandstoffen en waterstof uit elektrolyse. Nieuw in de SDE++ 2022 is het afvangen van de CO₂ die overblijft bij de productie van waterstof uit industriële restgassen en de productie van waterstof uit elektrolyse met een directe koppeling aan een wind- of zonnepark.

Raffinageroute

Voor de periode tot 2030 wil het kabinet de inzet van hernieuwbare waterstof in raffinaderijen ondersteunen via de zogeheten raffinageroute. Dit kan door de toepassing van hernieuwbare waterstof in raffinageprocessen onderdeel te laten zijn van de systematiek voor transport. Het is ook mogelijk de inzet van waterstof in raffinageprocessen onderdeel te maken van een (mogelijke) nieuwe systematiek voor de industrie die het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) verkent met oog op de herziening van de RED II. Op dit moment zijn nog niet alle details van het beleid vanaf 2025 vastgelegd. De vormgeving van het beleid zal onder meer afhangen van de onderhandelingen over de herziening van de RED II. De raffinageroute is evenwel een cruciale eerste stap voor de opschaling van hernieuwbare waterstof in de industrie, waarvan andere toepassingen van hernieuwbare waterstof in de industrie zullen profiteren.

Verkenning RFNBO-afnameverplichting en vraagsubsidies voor de industrie

Het kabinet bereidt zich nu al voor op de consequenties van de voorgestelde bindende waterstofdoelen voor de industrie onder de RED II. Uiterlijk begin 2023 moet de implementatie van start gaan om de ambities voor 2030 te realiseren. Het kabinet verkent op dit moment een verplichting voor gebruik van hernieuwbare waterstof en contracts for difference voor de industrie. Randvoorwaarden bij de vormgeving zijn:

- de bindende waterstofdoelen op Nationaal en Europees niveau;
- het handhaven van de concurrentiepositie van de industrie handhaven;
- afstemming op het beleid in de landen om ons heen;
- een certificeringssysteem dat in overeenstemming is met de eisen uit de gedelegeerde handeling;
- een handelsplatform voor waterstof (zie hoofdstuk Productie);
- en een beleidskader voor het veilige gebruik van waterstof in de industrie (zie hoofdstuk Veiligheid).

⁶⁸ Zie bronnenlijst

⁶⁹ Zie bronnenlijst



- De waterstoftransitie brengt nieuwe situaties en nieuwe veiligheidsrisico's met zich mee. Het veiligheidsvraagstuk raakt aan alle sectoren binnen het waterstofdomein.
- Vanuit de Rijksoverheid is er inmiddels een generieke set met uitgangspunten beschikbaar voor het omgaan met veiligheid binnen de energietransitie. Deze worden uitgewerkt in een serie richtsnoeren voor waterstofveiligheid.
- Op dit moment is er al redelijk wat informatie over de veiligheid van gasvormige waterstof. Dat geldt nog niet voor vloeibare waterstof en voor mogelijke waterstofdragers.
- De beschikbare informatie moet nog beter worden ontsloten; dit is een permanent aandachtspunt.

10.1 Beschrijving thema Veiligheid

De energietransitie en de rol van waterstof daarin vraagt continu om innovatie. Denk daarbij aan de distributie van waterstofgas door aardgasleidingen of waterstoftoepassingen in en bij de gebouwde omgeving, maar ook aan bovengrondse en ondergrondse opslag van waterstof. De omvang van de veiligheidsrisico's van gasvormig waterstof is in grote lijnen vergelijkbaar met die van aardgas⁷⁰, al is bekend dat met het uitfasen van aardgas ook het risico van koolmonoxidevergiftiging verdwijnt. En dat de karakteristieken van ontsteking en ontbranding van waterstof anders liggen dan bij aardgas. Om ook bij nieuwe waterstoftoepassingen een hoog veiligheidsniveau te realiseren, is een zorgvuldige en effectieve reductie van de specifieke risico's nodig.

Voordat dit hoofdstuk ingaat op het thema waterstofveiligheid, staan we eerst kort stil bij de bredere context; namelijk het verantwoord omgaan met risico's van de energietransitie.

De minister voor Klimaat en Energie is verantwoordelijk voor het creëren van randvoorwaarden voor een veilige energietransitie. Daarom heeft het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) samen met een interdepartementale werkgroep (vanuit de ministeries van IenW, VWS, JenV, BZK en SZW) het document 'Verantwoord omgaan met veiligheid en gezondheid in de energietransitie. Uitgangspunten voor beleid, vergunningverlening, communicatie en toezicht ten aanzien van fysieke risico's' opgesteld.⁷¹ (In het vervolg wordt hieraan gerefereerd als de 'Uitgangspunten'). De Uitgangspunten zijn gericht op veiligheids- en gezondheidsrisico's die kunnen ontstaan bij de productie, het transport, de toepassing of opslag van energie in het kader van de energietransitie. Ze geven onder meer aan dat expliciete beleidskeuzen nodig zijn over de toelaatbare mate van het restrisico. En ze beantwoorden in samenhang daarmee de essentiële vraag welke elementen bepalen of een situatie als veilig kan worden beschouwd. Ook gaan de Uitgangspunten in op zaken als voorzorg, communicatie en het leren van incidenten en het omgaan met onzekerheden en risico's.

De betrokken ministeries hanteren de Uitgangspunten als leidraad bij het formuleren van beleid en regelgeving die gericht is op (of gevolgen kan hebben voor) het omgaan met veiligheids- en gezondheidsrisico's binnen de energietransitie. En daarnaast bij vergunningen die worden verleend door het Rijk, bij communicatie over risico's binnen de energietransitie en bij toezicht. De energietransitie is gebaat bij een consistente benadering vanuit alle betrokken overheden. Daarom worden de koepelorganisaties VNG, IPO en UvW eind 2022, na een brede consultatie, uitgenodigd om zich ook aan de Uitgangspunten te conformeren.

Als we vanuit deze bredere context inzoomen op het thema waterstofveiligheid, is het doel: bevorderen dat het bevoegd gezag, marktpartijen, netbeheerders en andere betrokkenen beschikken over voldoende kaders en informatie om het vereiste veiligheidsniveau van projecten te waarborgen. En om zoveel mogelijk te voorkomen dat het ontbreken van beleid of gebrek aan draagvlak een obstakel wordt voor de in deze Routekaart beschreven activiteiten met waterstof. De focus bij het thema veiligheid ligt op de omgevingsveiligheid, ook wel aangeduid als externe veiligheid. Daarnaast is er aandacht voor bouwkundige veiligheid, productveiligheid en arbeidsveiligheid.

Een belangrijk onderdeel van het thema waterstofveiligheid is het vergroten van inzicht in de aard en omvang van de risico's. Een tweede belangrijk onderdeel is het geheel aan maatregelen om de risico's effectief te beperken. In 2021 heeft een voorloper van de themagroep een uitgebreid overzicht van kennishiaten opgesteld (*gap-analyse*). Onder meer de netbeheerders, het Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP), het Nederlands Instituut voor Publieke Veiligheid (NIPV) en de ministeries werken momenteel aan het oplossen van enkele hiaten. Aansluitend gaat de

⁷⁰ Zie bronnenlijst

⁷¹ In het najaar van 2022 wordt de Tweede Kamer hierover geïnformeerd. Naar verwachting worden de Uitgangspunten begin 2023 definitief gemaakt en gepubliceerd

themagroep – in samenspraak met de andere themagroepen – monitoren of de *gap*-analyse compleet is en welke vraagstukken actueel en urgent zijn. Op basis daarvan worden afspraken gemaakt over de aanpak en prioriteiten gesteld.

Naast deze opbouw van kennis over risicoreducerende maatregelen is ook duidelijkheid nodig over het vereiste veiligheidsniveau dat bereikt moet worden. De overheid stelt eisen aan de veiligheid van de productie, het transport, de opslag en het toepassen van waterstof. Vaak in de vorm van een veiligheidsnorm. Voor veel situaties zijn zulke normen er al, en voor die situaties gaat het om de vraag op welke manieren aannemelijk kan worden gemaakt dat een activiteit met waterstof zal voldoen aan die veiligheidsnorm. In situaties waarin een veiligheidsnorm ontbreekt, moet ook de vraag beantwoord worden wat het vereiste veiligheidsniveau moet zijn, en welke toetssteen daarvoor gebruikt kan worden. (Bijvoorbeeld: minstens even veilig als aardgas.)

Voor de periode waarin dit soort eisen nog niet volledig is uitgewerkt in wet- en regelgeving, ontwikkelt een interdepartementale werkgroep samen met deskundigen en stakeholders het generieke 'Richtsnoer omgaan met veiligheidsrisico's van waterstof in de energietransitie', gebaseerd op de bovengenoemde Uitgangspunten. Aanvullende richtsnoeren worden opgesteld voor onderwerpen waar het ontbreken van kaders een barrière is voor het realiseren van actuele of urgente activiteiten. De NWP-themagroep Veiligheid is één van de partijen die door de interdepartementale werkgroep wordt gevraagd om te reageren op conceptversies van het richtsnoer. Zodra het richtsnoer en de aanvullingen beschikbaar zijn, worden deze op de NWP-website geplaatst. De richtsnoeren hebben vooralsnog betrekking op gasvormig waterstof. Er zijn ontwikkelingen op het gebied van vloeibaar waterstof en waterstofdragers zoals ammoniak en LOHC's. Ook hier worden richtsnoeren voor ontwikkeld, als dat vanuit risicobeleid nodig blijkt.

Het veiligheidsvraagstuk raakt alle sectoren en daarmee aan alle thema's rond waterstof. Het is bevorderlijk dat alle betrokken partijen kennis hebben én delen over de veiligheidsrisico's en over hoe hiermee verantwoord kan worden omgegaan, in beleid en bij eventuele incidenten. Daartoe werken de netbeheerders onder meer aan het *HyDelta*-programma, werkt het WVIP aan kennis over en instrumenten voor het veilig omgaan met waterstof in de breedte en het NIPV onder meer aan handreikingen voor de uitvoeringspraktijk. Daarnaast ontwikkelt de werkgroep BOVEN handreikingen voor het bestuurlijk omgaan met risico's van de energietransitie, onder meer rond waterstof. Verder zijn met name de ministeries van EZK en van IenW actief in het uitzetten van onderzoek naar de aard en omvang van veiligheidsrisico's van activiteiten met waterstof. En naar effectieve maatregelen om de risico's te reduceren. Meer details hierover zijn te vinden via de websitelinks aan het eind van het document.

10.2 Doelen, acties en mijlpalen over de jaren

10.2.1 Fase 2022-2025

Doelen

- **Vergroting inzicht in veiligheidsrisico's bij beleidsmakers en bevoegd gezag.**

De themagroep opereert vanuit de eerder opgestelde *gap*-analyse en leunt hierbij op de lopende activiteiten van de deelnemers, zoals de sites en stukken van het WVIP, de netbeheerders, het NIPV en Kamerbrieven en factsheets van de betrokken ministeries. Voor zover deze relevant zijn, worden ze gedeeld via de site van het NWP. Er is een waterstofloket opgericht onder de RVO, waar vragen over veiligheid gesteld kunnen worden via: waterstof@rvo.nl (ook te vinden op de website van het NWP).

- De rijksoverheid ontwikkelt in samenspraak met de sector het generieke 'Richtsnoer Waterstof-veiligheid' en een serie specifieke uitwerkingen daarvan. Enkele leden van de themagroep zijn hierbij betrokken en de hele themagroep krijgt gelegenheid te reageren op conceptteksten. Waar relevant en mogelijk wordt deze optie ook geboden aan de andere themagroepen. De themagroep bevordert dat het richtsnoer proactief en consistent door alle partijen wordt toegepast.

Acties

- **Onderzoek en volgen van toepassingen.**

De themagroep leunt hierbij op de lopende activiteiten van de deelnemers, zoals de onderzoeken binnen het WVIP, van de netbeheerders, van het NIPV en de betrokken ministeries. Op basis daarvan worden nadere afspraken over prioritering en de aanpak gemaakt.

- Het 'Richtsnoer Waterstofveiligheid' voorziet in de monitoring van en het leren van nieuwe waterstoftoepassingen en (het omgaan met) de risico's die daarmee gemoeid zijn.
- Ieder lid van de themagroep draagt – zodra nieuwe inzichten beschikbaar komen – bij aan de kennisdeling hiervan.
- Interbestuurlijk en zo mogelijk ook intermaatschappelijk (cross-sectoraal) worden afspraken gemaakt over de inhoud en toepassing van de eerdergenoemde Uitgangspunten voor een veilige en gezonde energietransitie. De themagroep ondersteunt waar mogelijk de totstandkoming en uitvoering hiervan, zeker waar het waterstof(dragers) betreft.
- In deze fase geven alle betrokkenen bij de eerste concrete initiatieven (zoals opschaling van productie of pilots met woningverwarming) de monitoring op de veiligheidsrisico's in de praktijk inhoudelijk handen en voeten. Ditzelfde geldt voor het naleven van de gemaakte afspraken (inclusief de noodzaak om dit op de langere termijn te blijven doen). De themagroep ziet hierop toe.

Mijlpalen

2022 of begin 2023:

- Er vindt goedkeuring, vaststelling en publicatie plaats van het generieke 'Richtsnoer Waterstofveiligheid' door een interdepartementale stuurgroep.
- Het Richtsnoer Waterstofveiligheid wordt specifiek uitgewerkt voor 4 pilots op het gebied van woningverwarming op waterstof⁷².

2023-2025:

- In de periode 2023 - 2025 formuleren we aanvullingen op het richtsnoer, gericht op respectievelijk kleinschalige waterstofproductie nabij de gebouwde omgeving, mobiliteit, transport, opslag, elektriciteitsvoorziening, luchtvaart en scheepvaart.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding andere thema's

- Er moet capaciteit/budget gecreëerd worden om leden van de themagroep in staat te stellen capaciteit beschikbaar te maken voor het opstellen van stukken, de interbestuurlijke en intermaatschappelijke (cross-sectorale) afstemming en voor deelname aan thema-overleggen. Dit heeft ermee te maken dat leden van de themagroepen (met name uit de niet-bestuurlijk betrokken partijen) hun werk min of meer op vrijwillige basis doen.
- Voor het daadwerkelijk toepassen van de bovengenoemde uitgangspunten is een 'stevige rug' en budget nodig, zowel bij beleidsmakers als bij het bevoegd gezag, de adviserende partijen en initiatiefnemers van projecten. Het is nodig om keuzen te maken en hiervoor te blijven staan.
- Middelen voor het kunnen uitvoeren van onderzoek en kennisdeling moeten beschikbaar zijn.

10.2.2 Fase 2025-2030

Doelen

Verantwoord en passend veiligheidsbeleid verankerd in reguliere wet- en regelgeving (bijvoorbeeld onder de Omgevingswet) en uitvoeringspraktijk. Tijdelijke kaders (zoals het generieke richtsnoer en/of bepaalde aanvullende richtsnoeren) kunnen vervallen.

Acties

- In deze fase moeten alle betrokkenen bij de verdere initiatieven de monitoring op de veiligheidsrisico's in de praktijk inhoudelijk handen en voeten geven. Ditzelfde geldt voor het

⁷² Zie bronnenlijst

naleven van de gemaakte afspraken (inclusief de noodzaak om dit op de langere termijn te blijven doen). De themagroep monitort dit.

- De verantwoordelijke ministeries werken in deze fase concreet aan de aanpassing van wetgevingstrajecten, met goede interdepartementale afstemming en in lijn met de praktijkervaringen.
- Vervolg extern advies en onderzoek.

Mijlpalen

Nader in te vullen.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding met andere thema's

- Capaciteit en bestuurlijke aandacht voor het volgen van ontwikkelingen en het doorzetten daarvan in wetgevingstrajecten. Zie ook de beschrijving bij de fase 2022-2025.
- Middelen voor advies en onderzoek.

10.2.3 Fase na 2030

- Veiligheidsbeleid voor waterstof(dragers) is volledig verankerd in reguliere wet- en regelgeving en in de uitvoeringspraktijk.
- Nieuwe ontwikkelingen worden, net als nu, nog steeds gevolgd en in lijn met de beproefde uitgangspunten ingepast in het energiesysteem.
- Er blijft, net als nu, een nuchtere (lerende) omgang met onverhoopte incidenten en open communicatie over risico's en hun benadering.
- Een belangrijke randvoorwaarde is, net als nu: blijvende verbinding met de andere thema's.

10.3 Belangrijke documenten, instanties en sites

De belangrijkste documenten voor het verantwoord omgaan met de veiligheidsrisico's van waterstof(dragers) zijn/worden:

- 'Verantwoord omgaan met veiligheid en gezondheid in de energietransitie. Uitgangspunten voor beleid, vergunningverlening, communicatie en toezicht ten aanzien van fysieke risico's';
- 'Richtsnoer Waterstofveiligheid', met aanvullingen.

Belangrijke instanties zijn, naast de betrokken ministeries, in elk geval de andere overheden, de toezichthouders, het WVIP, netbeheerders, het NIPV, veiligheidsregio's, werkgroep BOVEN en Nationaal Programma RES. Zie onder meer:

- Ons werk rond veiligheid (WVIP), H2-Platform;⁷³
- HyDelta;⁷⁴
- Werkgroep BOVEN (Bestuurlijk omgaan met veiligheidsrisico's van de energietransitie);
- NIPV Waterstof;⁷⁵
- Netbeheer Nederland, dossier waterstof.⁷⁶

⁷³ Zie bronnenlijst

⁷⁴ Zie bronnenlijst

⁷⁵ Zie bronnenlijst

⁷⁶ Zie bronnenlijst



11

Thema Innovatie

- Missiegedreven innoveren is noodzakelijk voor het realiseren van succesvolle waterstofketens.
- Innovatie gaat over (de integratie van) technologie, economie, ecologie, beleid en human capital.
- Ondersteuning betreft alle TRL-niveaus, van fundamenteel tot toegepast onderzoek, experimentele ontwikkeling, pilots en demonstratie.
- Zowel capex- en opex-ondersteuning zijn in de komende jaren nodig om de opschaling te kunnen versnellen.
- Doorlopende versterking van het innovatie-ecosysteem, nationaal en internationaal, is gewenst.
- De innovatieagenda TKI-Nieuw Gas benoemt 5 innovatieprioriteiten.

11.1 Beschrijving thema Innovatie

Onderzoek, ontwikkeling en demonstratie zijn onmisbare activiteiten om innovatieve oplossingen voor waterstof beschikbaar te krijgen die bijdragen aan bijvoorbeeld kostenreductie, efficiencyverbetering, lagere onderhoudsbehoefte en lagere grondstoffenbehoefte. Veel van de producten en diensten die onderdeel gaan uitmaken van de waterstofeconomie, bestaan nog niet of moeten nog worden aangepast. Soms, zijn ze nog niet marktrijp of nog te duur. Door op een programmatische, missiegedreven manier richting te geven aan innovatie kan de waterstofambitie sneller, goedkoper en efficiënter bereikt worden. Dat kan daarnaast door onderzoek, ontwikkeling, demonstratie en opschaling te ondersteunen met bijvoorbeeld innovatiesubsidies.

Daarbij is innovatie niet alleen technologisch van aard. Sociale innovatie is bijvoorbeeld minstens zo belangrijk, zeker in sectoren waar burgers direct te maken krijgen met waterstof, zoals in de gebouwde omgeving en de mobiliteit. Daarnaast kan een aantal uitdagingen de grootschalige toepassing van waterstof versnellen, als deze goed worden opgepakt. Daarentegen kunnen ze juist vertragend werken als dat niet gebeurt. Dit zijn beleidzaken zoals *human capital*, digitalisering, voorlichting, inbedding in de regio's en internationale samenwerking. Hoewel het grootste deel van de innovatieve uitdagingen technisch van aard is, is het belangrijk dat bij de programmering wordt gestreefd om (waar logisch) de sociale aspecten en genoemde beleidzaken mee te nemen. Ze zijn immers vaak bepalend voor succesvolle innovatie.

Het meerjarige innovatieprogramma voor waterstof is in 2020 gepubliceerd door TKI Nieuw Gas.⁷⁷ In het kader van een brede herijking van de missiegedreven innovatie-aanpak is dit innovatieprogramma geactualiseerd. Vanaf eind 2022 is het op de website van TKI Nieuw Gas te vinden.

Dit programma bevat een voorstel voor de invulling van de innovatieagenda waterstof voor de komende jaren. De belangrijkste onderdelen worden weergegeven volgens 6 vragen:

1. Welke waterstofinnovaties heeft Nederland nodig om te voldoen aan de Europese beleidsverplichtingen voor energie?
2. Welke waterstofinnovaties passen het best bij de kenmerken van Nederland als het gaat om ligging en infrastructuur?
3. Welke waterstofinnovaties passen bij de sterktes en ambities van de Nederlandse industrie en kennisinstellingen?
4. Welke innovatieprojecten zijn de afgelopen jaren in Nederland uitgevoerd en welke onderwerpen zijn daarbij achtergebleven?
5. Welke waterstofinnovaties worden al door andere nationale en Europese programma's ondersteund en welke inzet is aanvullend nodig met Nederlandse instrumenten?
6. Op welke termijn is te verwachten dat de waterstofinnovaties bijdragen aan emissiereducties?

Op basis van dit 'assessment' zijn 5 innovatieprioriteiten benoemd; een uitwerking van de innovatievragen bevindt zich in het programma.

Prioriteit 1 - Ontwikkeling van duurzame waterstofketens in de industrie, bestaande uit waterstofproductie gekoppeld aan offshore wind, infrastructuur en opslag, en toepassing in de industrie voor energiedoeleinden en als grondstof, inclusief de benodigde systeemintegratie.

Om op grote schaal hernieuwbare waterstof te produceren, biedt offshore wind voor ons land verreweg de beste mogelijkheden. Vooral vanwege de beperkte ruimte op land. Het kabinet heeft aangekondigd een innovatieprogramma op te zetten voor de ontwikkeling van waterstof op zee, met onderzoek en grootschalige demonstratieprojecten vóór 2030. Dit programma dient als voorbereiding op waterstofprojecten op gigawatt-schaal in de periode daarna.

⁷⁷ Zie bronnenlijst

Het is noodzakelijk om hernieuwbare waterstofproductie uit elektrolyse en de toepassing ervan tegelijkertijd én versneld te ontwikkelen. Zo kan waterstof in 2030 fors bijdragen aan de emissiereductiedoelstellingen. Naast onshore productie van hernieuwbare waterstof wordt offshore elektrolyse steeds belangrijker richting 2030. Daarom verdient dit een plek op de innovatie-agenda. Schaalgrootte is van groot belang om de bijdrage groot genoeg te laten zijn en om kostenreducties te bereiken. Dit kan vooral bereikt worden in de industrie, waar al een grote vraag naar – nu uit fossiele bronnen geproduceerde – waterstof bestaat. Naast vervanging van deze ‘grijze’ waterstof, kan waterstof ook rechtstreeks aardgas vervangen. Zoals bij de opwekking van hogetemperatuurwarmte. Dit vraagt om innovatie van branders en brandersystemen, onder meer om aan emissielimieten te voldoen. Waterstof biedt ook kansen voor het ontwikkelen van nieuwe chemische processen.

Grootschalige transport- en opslaginfrastructuur is een voorwaarde voor het verbinden van productie en gebruik. Daarom heeft de ontwikkeling van duurzame waterstofketens, gericht op gebruik in de industrie, de hoogste prioriteit. Hierbij komen vraagstukken met betrekking tot systeemintegratie aan bod. Denk daarbij bijvoorbeeld aan integratie tussen wind op zee en elektrolyse, de integratie van verschillende energie-infrastructuren, de koppeling met eindgebruikers en de rol van seizoensopslag.

Prioriteit 2 - Import van waterstofhoudende energiedragers, zoals derivaten en LOHC's, en waterstof in gasvormige en vloeibare vorm.

De tweede prioriteit betreft import van waterstof – in pure vorm, als gas, of vloeibaar – gebonden aan een drager (met name LOHC's), of als waterstofderivaat zoals ammoniak, methanol en synthetische brandstoffen. De vraag naar waterstof in Nederland en de omringende landen zal naar verwachting groter zijn dan de productiecapaciteit. Nederland zal vanwege de ligging van ons land een belangrijke rol spelen bij de import en doorvoer van duurzame energie en grondstoffen, net als voor fossiele energie en grondstoffen. Diverse landen met een (naar verwachting) grote waterstofvraag kiezen op dit moment hun posities. Vanwege de positie die Nederland met haar ligging, havens en infrastructuur kan innemen, is import en export/doorvoer een belangrijk thema voor de innovatieagenda. Dit thema is pas in de laatste jaren sterk opgekomen. Momenteel zijn er nog de nodige vragen te beantwoorden over de vormen waarin waterstof het best geïmporteerd kan worden. Maar ook wat dat betekent voor transportmiddelen, overslag en opslag, bewerking en integratie in het energiesysteem.

Prioriteit 3 - Toepassing van waterstof in zwaar transport, zoals wegtransport, bouw en grondverzet, binnenvaart en kustvaart, en de luchtvaart.

De derde prioriteit is de toepassing van waterstof in zwaar transport (weg, bouw en grondverzet, binnenvaart en kustvaart, luchtvaart). Dit zijn sectoren waar Nederlandse bedrijven een sterke positie hebben, waar veel CO₂-reductie is te behalen en er bovendien andere drijfveren zijn om te innoveren. Denk aan luchtkwaliteit en stikstofbeleid. Batterij-elektrische mobiliteit is voor veel toepassingen een geschikte en beschikbare oplossing. Bij mobiliteitstoepassingen met zware ladingen en/of waar grotere afstanden moeten worden afgelegd, kan waterstof een goed alternatief zijn om vergaande CO₂-emissiereductie te bereiken. Denk daarbij ook aan situaties waarbij elektrisch laden moeilijk planbaar is, te lang duurt of niet mogelijk is door beperkingen in de infrastructuur. De innovatieopgave is om via demonstraties van overtuigende use-cases van uiteenlopende vervoerstoeppingen en mobiele werktuigen, schaalvoordelen voor waterstoflevering en tankvoorzieningen te behalen. En daarmee verbetering van de total cost of ownership (TCO).

Prioriteit 4 - Regionale, decentrale productie en gebruik van waterstof in regio's waar congestie van het energienet de realisatie van duurzame energieprojecten belemmert. Of waar lokaal gebruik van waterstof efficiënt bediend kan worden.

De vierde prioriteit betreft de regionale, decentrale productie en gebruik van waterstof. Naast grootschalige, centrale productie van waterstof kan regionale, decentrale waterstofproductie via elektrolyse helpen om lokaal waterstof beschikbaar te hebben voor bijvoorbeeld mobiliteit, regionale industrie (het verspreide cluster 6) en de landbouw- en tuinbouwsector. Ook kunnen daarmee mogelijk congestie op het energienet worden opgelost in gebieden waar de capaciteit voor inpassing van duurzame elektriciteit uit zonneparken en windmolens beperkt is. Overgaan op waterstof is daarbij één van de opties. Er is behoefte aan onderzoek en pilots om uit te zoeken welke combinatie van hernieuwbare energie (wind en zon) en opslag/conversie werken, bij welke schaalgrootte. En onder welke randvoorwaarden. Ook hier is het realiseren van complete ketens (productie, infrastructuur en vraag) relevant. De slaagkans van dergelijke keteninnovaties is juist groter door regionale clustering in wat de EU hydrogen valleys noemt. De gedachte is dat bij concentratie van allerlei waterstofprojecten in een beperkt gebied, kruisverbanden gaan ontstaan. Daardoor groeien ecosystemen makkelijker vanwege de korte lijnen en wordt kennis beter geborgd en gedeeld. Dat heeft de voorkeur boven demo's in iedere stad met één tankstation en enkele auto's of woningen.

Prioriteit 5: Ontwikkeling van technologieclusters voor waterstofcomponenten en -ketens, inclusief koppeling met de maakindustrie.

De vijfde prioriteit betreft het (verder) ontwikkelen van diverse componenten en ondersteunende technieken voor de waardeketens. Daarbij is het innemen van een positie door de maakindustrie een drijfveer. De voorgaande prioriteiten hebben vooral betrekking op het creëren van en aansluiten op hele waardeketens. Er spelen echter nog veel technische vragen in deze ketens, die betrekking hebben op allerlei componenten die gebruikt worden. En op verbindende aspecten zoals veiligheid, het meten van gaskwaliteit, sensortechnologie en materiaalonderzoek. Ook de (door)ontwikkeling van brandstofcellen en verbrandingsmotoren, gasturbines en branders is nodig in het belang van de voorgaande prioriteiten. Belangrijk is hierbij dat waarde toegekend wordt aan de innovaties door de Nederlandse maakindustrie. Niet alleen voor waterstof, maar ook voor de technologieën is een grote mate van zelfvoorzienend zijn (eerder op Europese dan Nederlandse schaal) noodzakelijk om niet volledig afhankelijk te zijn van landen buiten Europa.

Human Capital Agenda, maatschappelijke impact en digitalisering

Naast de genoemde onderwerpen hebben verschillende overkoepelende thema's zoals de Human Capital Agenda (HCA), maatschappelijke impact en digitalisering een plek op de innovatieagenda. Deze overkoepelende thema's worden in het Nationaal Waterstof Programma aangekaart. Denk aan beleid, wet- en regelgeving, marktordening, veiligheid, maatschappelijke inbedding, de waterstofmarkt en certificering. De ontwikkeling van een HCA voor waterstof is een belangrijk onderdeel van GroenvermogenNL. Deze onderwerpen zijn volledig onderdeel van de hiervoor beschreven prioriteiten.

Hoe zijn taken en verantwoordelijkheden belegd? Wie doet wat?

- Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) is opdrachtgever en leidend in het maken van beleid. Maar ook in het opstellen en beschikbaar maken van het benodigde instrumentarium, zoals subsidies.
- RVO is de uitvoerder van het instrumentarium en biedt beleidsondersteuning aan EZK vanuit hun expertise in uitvoering.
- NWO is aanspreekpunt voor (de uitvoering van) het instrumentarium op met name (maar niet uitsluitend) fundamenteel onderzoek.
- Het bestuur van GroenvermogenNL is verantwoordelijk en aanspreekpunt voor dit programma. De uitvoering van de bijbehorende subsidieregelingen ligt bij RVO en NWO en komt in overleg met EZK tot stand.
- De Topsector Energie, in het bijzonder TKI Nieuw Gas (in nauwe samenwerking met de andere missies en Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's), inclusief systeemintegratie) heeft de verantwoordelijkheid om een innovatieagenda op te stellen en actueel te houden. En om een gezond innovatienetwerk te verzorgen waarin kennis actief gedeeld wordt en samenwerking wordt gezocht. Daarnaast adviseert de Topsector Energie aan de beleidsmakers vanuit hun expertise en ervaring met marktpartijen.

- De ministeries van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en EZK zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor het innovatiebeleid en instrumenten voor waterstof in de gebouwde omgeving.
- Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) is verantwoordelijk voor innovatiebeleid en instrumenten voor waterstof in de mobiliteitssector.
- Het ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij (LNV) is aanspreekpunt voor innovatiebeleid en instrumenten voor waterstof in de agrarische sector.
- Het ministerie van EZK is in eerste instantie aanspreekpunt voor Europese regelingen.

11.2 Fase 2022-2025

Het innovatie-ecosysteem stelt via de Topsector Energie een innovatie-agenda waterstof op, die in de komende jaren leidend is voor de programmering op dit thema. In deze fase is het van belang om het instrumentarium dat nodig is voor de ontwikkeling van waterstof op orde te krijgen. Ontwikkelen, instrumenteren en uitvoeren van projecten kost tijd. Vaak is de looptijd van een innovatieproject 4 tot 5 jaar. Dat betekent dat bij projecten die in deze fase van start gaan, de eerste resultaten naar verwachting pas aan het eind van deze fase bereikt worden. In de fase 2025-2030 worden de meeste resultaten zichtbaar, zeker in het geval van langjarige R&D-projecten.

Verder is het van belang dat een sterk innovatie-ecosysteem wordt gebouwd, dat in staat is om concurrerende waterstofketens op te zetten en door te ontwikkelen. Dit ecosysteem zal sterk in verbinding moeten staan met andere groepen binnen en buiten Europa. Dit betekent dat er veel aandacht geschonken moet worden aan samenwerking tussen projecten. En dat kennisdeling zo veel mogelijk gestimuleerd moet worden.

Doelen

- Initiëren en ondersteunen van onderzoek, pilots en demo's van waterstofketens en -onderdelen die op de kortere termijn opgeschaald en gerealiseerd kunnen worden. Dit is gericht op de midden- en hogere TRL-niveaus.
- Initiëren van laag TRL-onderzoek en ontwikkeling van oplossingen die op de midden- en lange termijn kunnen bijdragen om slimmer, efficiënter en goedkoper waterstof te produceren, transporteren, op te slaan en/of toe te passen.
- Verder bouwen aan een sterk ecosysteem, waarin gezamenlijk geïnnoveerd wordt en kansrijke projecten worden neergezet. Onderdeel hiervan is ook het op orde hebben van de communicatie over alle activiteiten op het gebied van innovatie.

Acties

Inzetten van subsidie-instrumenten om middelen voor het palet van lage, midden en hoge TRL-niveaus mogelijk te maken.

- Voor pilots en demo's zet EZK de DEI+-regeling in om kleinschalige pilot- en demonstratieprojecten te ondersteunen. Voornamelijk vanuit het kader van GroenvermogenNL. Ook stelt EZK het opschalingsinstrument beschikbaar, zodat de opschaling van elektrolyse in Nederland van de grond komt. Voor de eerste grootschalige projecten is subsidie onder het IPCEI-staatssteunkader beschikbaar (in totaal €1,6 miljard).
- Voor meer toepassingsgerichte onderwerpen zijn budgetten nodig voor de ondersteuning (pilots, demo's, marktintroductie) van waterstof (in combinatie met andere emissieloze opties) zoals:
 - Transport en vervoer: ondersteuning van de toepassing van waterstof in onder meer zwaar wegtransport, binnenvaart/scheepvaart, transport via spoor, bouwvoertuigen, grondverzet;
 - Landbouw en glastuinbouw: ondersteuning van de productie en toepassing van waterstof in deze sectoren.
- Voor onderzoek en ontwikkeling: met de start (najaar 2022) van het R&D-programma van GroenvermogenNL wordt onderzoek en ontwikkeling gestimuleerd op TRL-niveau 3-6 (tot aan pilots en demo's). Daarnaast kunnen instrumenten als de MOOI-regeling, TSE-regelingen (TSE O&O-tenders en TSE Studies), de MIT-regeling en de PPS-toeslagregeling ingezet worden om aanvullend instrumentarium beschikbaar te stellen.

- Algemeen: in bestaande en nieuwe regelingen, zoals Europese regelingen en fiscale instrumenten, wordt ruimte gemaakt voor ondersteuning van waterstofonderwerpen.
- Ondersteuning van de ontwikkeling van het innovatie-ecosysteem vindt plaats via TSE/TKI's, RVO, NWO en GroenvermogenNL en de sector (en samenwerkingsverbanden als het H2Platform en NWBA), inclusief netwerken en communicatie. Dit geldt zowel op nationaal als internationaal niveau.

Mijlpalen

- Publicatiedata van de relevante regelingen, inclusief de timing daarna (het sluiten van regelingen, de verwachte data dat uitkomsten bekend zijn).
- Beschikbare budgetten in deze regelingen (bedragen per specifieke regeling).
- Specifiek voor GroenvermogenNL: start van sandpits, beoordeling van aanvragen, start van projecten in de verschillende werkpakketten.
- Overige KPI's (kritieke prestatie-indicatoren): zicht op het aantal aanvragen dat is ingediend, het aantal dat is gehonoreerd, de verwachte resultaten in termen van opgesteld vermogen aan elektrolyse, aantal voertuigen, aantal demo's/pilots et cetera.
- Omvang en kwaliteit/samenstelling van het innovatie-ecosysteem, aantal contactmomenten/events.

Belangrijke randvoorwaarden/verbinding andere thema's

- Het is belangrijk om duidelijkheid te scheppen over de staatsteunregels die van toepassing zijn voor waterstofprojecten. Dit geldt met name voor ruimte die gegeven kan worden aan:
 - demonstratieprojecten (investeringssteun);
 - de nieuwe algemene groepsvrijstellingsverordening (AGVV).

11.3 Fase 2025-2030

Deze fase staat in het teken van het 'oogsten' van de resultaten die in de periode tot 2025 via verschillende regelingen in gang zijn gezet. En in het teken van het doorbouwen op meer fundamentele R&D.

Doelen

Opschaling en realiseren van technieken, producten en diensten die in de voorgaande fase (2022-2025) zijn ontwikkeld en opgestart. Denk aan elektrolyzers, complete installaties, brandstofcelvoertuigen (zoals schepen en vrachtauto's) en flexibiliteitsdiensten. Lagere TRL-projecten uit de fase 2022-2025 vinden hun doorgang naar pilot- en demonstratieprojecten, die richting 2030 opgeschaald en gerealiseerd kunnen worden.

Acties

- Doorgaan met het ondersteunen van pilot- en demonstratieprojecten via bijvoorbeeld de DEI+-regeling. De HER+-regeling kan daarbij gebruikt worden voor waterstofprojecten die aantoonbaar leiden tot kostenreductie (waterstofproductie);
- Continueren van het R&D-programma van GroenvermogenNL (tot 2028). Innovatievragen voor waterstof die niet ondersteund (kunnen) worden via ander instrumentarium, krijgen ondersteuning via MOOI, TSE-regelingen en de PPS-toeslag.

Voor deze fase gelden soortgelijke mijlpalen als in de fase hiervoor. Daarom worden ze niet apart vermeld.

11.4 Fase na 2030

In deze fase moeten de benodigde producten en diensten volledig beschikbaar zijn. Er is dan nog ondersteuning nodig om:

- de meer complexe onderwerpen te ondersteunen, zoals het gebruik van waterstof voor complexe (chemische) processen (co-elektrolyse, waterstofproductie voor groene staal, grootschalige productie van synthetische kerosine etc.);
- innovatieve verbeteringen aan de bestaande producten en diensten te realiseren;
- nieuwe innovaties te ondersteunen die aanmerkelijke verbeteringen zijn op de dan gangbare technologie, zoals nieuwe elektrolysetechnologieën.

Deze fase wordt vanwege de grote mate van onzekerheid nu nog niet verder geconcretiseerd; daarvoor is de periode na 2025 geschikter.

12

Thema Maatschappelijke Acceptatie

- Momenteel is hernieuwbare waterstof voor de samenleving het meest 'zichtbaar' in de mobiliteit, via pilots in de gebouwde omgeving en in projecten die onder Rijkscoördinatie zijn gestart voor de aanleg van onderdelen van het transportnet. Daarnaast starten er pilots in de agro-sector en glastuinbouw;
- Op termijn wordt de (ruimtelijke) impact steeds duidelijker. Diverse ruimtelijke programma's houden rekening met het benodigde ruimtebeslag voor hernieuwbare en koolstofarme waterstof;
- Voor het maatschappelijk draagvlak is goed omgevingsmanagement bij de uiteindelijke ruimtelijke inpassing van groot belang. Het ontwikkelen van een gedragscode door de sector kan hier een bijdrage aan leveren;
- Door middel van een narratief en publiekscommunicatie moet het bredere publiek worden geïnformeerd.
- De acceptatie van waterstoftoepassing moet worden gemonitord en er wordt aansluiting gezocht op de visie op burgerparticipatie.

12.1 Beschrijving thema Maatschappelijke Acceptatie

Wat is het maatschappelijk draagvlak voor waterstof als energiedrager? Op dit moment is daar nog geen goed antwoord op te geven. Niet in de laatste plaats omdat het maatschappelijke draagvlak voor waterstof in de huidige fase nog niet zo'n grote rol speelt. Fossiele waterstof speelt met name een rol in de industrie. Dit geldt ook voor ammoniak en methanol. Hernieuwbare waterstof is voor de samenleving het meest zichtbaar in de mobiliteit en op pilot-niveau in de gebouwde omgeving. Koolstofarme en hernieuwbare waterstof krijgen in de komende jaren een grotere rol in het energiesysteem. Maar ze zijn nu nog nieuw en bij het grootste deel van de bevolking onbekend. De waterstofsector ziet veel positieve uitingen, maar het woord 'hype' valt ook in dit verband. Het is nodig om een genuanceerde uitleg te kunnen geven over het gebruik van waterstof in Nederland, waarbij de voor- en nadelen benoemd worden.

Door de beperkte hoeveelheid waterstofinitiatieven die in uitvoering zijn, is er nog weinig kennis over waterstof onder de bevolking. Over het algemeen lijkt het alsof er nu draagvlak voor waterstof is, maar het gebrek aan onderliggende kennis maakt deze aanname kwetsbaar. Draagvlak en acceptatie gaan niet (alleen) om het overbrengen van meer kennis of begrip, maar ook om het bieden van ruimte voor zorgen en belangen van mensen. Pas als iets dichtbij komt, worden deze vragen en zorgen echt zichtbaar.

Ruimtelijke inpassing

Dat het grotere publiek waterstof gaat accepteren, wordt belangrijk wanneer concrete waterstof-projecten worden gepland en richting de realisatiefase gaan. Binnenkort gaan de ruimtelijke procedures onder Rijkscoördinatie lopen voor onderdelen van het waterstoftransportnet. De procedures voor de ondergrondse waterstofopslag in Zuidwending⁷⁸ en het waterstoftransportnet in het Noordzeekanaalgebied⁷⁹ zijn al gestart. In overeenstemming met de Omgevingswet krijgen omgevingsmanagement en participatie veel aandacht binnen deze procedures. Ook bij de locatiekeuze en ruimtelijke inpassing van elektrolyzers is goed overleg met de omgeving van groot belang. Het gezamenlijk verkennen van uitdagingen en mogelijke meekoppelkansen kan het draagvlak vergroten. Denk daarbij aan het nuttig gebruik van restwarmte of zuurstof.

Als gevolg van onder meer de groei van opwekking van hernieuwbare energie en de verduurzamings-behoefte van de industrie, is steeds meer ruimte nodig voor de energie-infrastructuur. Op nationaal niveau wordt het Programma Energiehoofdstructuur (PEH)⁸⁰ opgesteld. Dat richt zich op de ruimtelijke planning van de energiehoofdstructuur op land, op de lange termijn. Het ontwerp-PEH wordt opgeleverd in het voorjaar van 2023. Het bevat ontwikkelrichtingen, inclusief kaarten en locaties, die inzicht geven in de toekomstige ruimtebehoefte voor de energie-infrastructuur van 2050. Denk daarbij aan hoogspanningsinfrastructuur, grootschalige conversie, buisleidingen en opslag op land - in afstemming met andere ruimtelijke belangen. Het ontwerp-PEH houdt ook rekening met het Programma Verbindingen Aanlanding Wind op Zee 2031-2040⁸¹, waarin naar verwachting in 2023 keuzes worden gemaakt over aanlandlocaties voor wind op zee na 2030. Hierbij wordt zowel gekeken naar energietransport via elektronen (met stroomkabels) of via moleculen (door een waterstofleiding).

Ook op regionaal niveau is de ruimtelijke planning van de energie-infrastructuur belangrijk. Hier is het van belang om bij de vorming van ruimtelijke plannen op tijd na te denken over de impact op de energie-infrastructuur. Het Rijk, regionale overheden en netbeheerders werken via een Interbestuurlijke Werkgroep Integraal Programmeren aan een procesaanpak om vanuit een breder perspectief op het energiesysteem en ruimte afwegingen te maken. Verder werken het Rijk en provincies onder coördinatie van de minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO)

⁷⁸ Zie bronnenlijst

⁷⁹ Zie bronnenlijst

⁸⁰ Zie bronnenlijst

⁸¹ Zie bronnenlijst

toe naar afspraken in het najaar van 2023 over de ruimtelijke uitwerking van onder meer nationale doelen en ruimtelijke keuzes⁸². In november 2022 krijgen provincies een provinciaal startpakket aangeboden. Daarbij krijgen zij de vraag om een eerste uitwerking te geven aan dergelijke nationale doelen en richtingen, vanuit verschillende opgaven waaronder energie.

Binnen het Nationaal **Programma Infrastructuur Duurzame Industrie**⁸³ wordt op basis van de energiestrategieën van de 6 Nederlandse industriële clusters – de zogenoemde Cluster Energiestrategieën (CES) – gewerkt aan een Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat⁸⁴. De CES en de huidige MIEK-projecten maken onderscheid tussen infrastructuur van nationaal belang (zoals het transportnet voor waterstof) en van regionaal belang. In het voorjaar van 2023 wordt van iedere provincie een provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (PMIEK) verwacht. Het PMIEK bevat een prioritering van en plannen voor uitbreidingsinvesteringen van regionale energie-infrastructuur. Dit inzicht helpt provincies en gemeenten bij het maken van bestuurlijke keuzes en het stellen van prioriteiten.

Tot slot speelt op de Noordzee de ruimtelijke inpassing van het toekomstige opwekken, transport en de opslag van waterstof een rol. In het Programma Noordzee wordt – in afstemming met stakeholders – uitgewerkt hoe aan alle belangen op de Noordzee tegemoetgekomen kan worden. Binnen het Programma Noordzee moet het belang van waterstof steeds meer meegenomen worden. Er worden de komende tijd meerdere onderzoeken en voorbereidingen gedaan om de tijdige realisatie van energiehubbs en waterstof op zee mogelijk te maken. Dit gebeurt, mede op basis van het Programma Noordzee, door de verschillende initiatieven en onderzoeken in samenhang op te pakken binnen het nieuwe Ontwikkelprogramma Energiesysteem Noordzee.

Bij al deze trajecten speelt goed overleg met belanghebbenden een belangrijke rol. Net als aandacht voor de ruimtelijke inpassing en leefomgeving. Op basis van deze trajecten wordt steeds duidelijker hoe de programmering en procedures voor de projecten voor het opwekken van en de infrastructuur voor waterstof eruit gaan zien. En hoe deze passen in een gebiedsgerichte aanpak.

Regionale waterstofprojecten

De productie en opslag van hernieuwbare waterstof gaat ook kleinschalig en decentraal plaatsvinden. Deze productie is vaak gekoppeld aan lokale elektriciteitsopwekking uit zon en wind. En aan de toepassing van waterstof in bijvoorbeeld de mobiliteit en de gebouwde omgeving. Op lokaal niveau kan waterstofproductie helpen om congestie op het energienet te verminderen, zodat deze de doorontwikkeling van duurzame energieprojecten niet in de weg staat.

Waterstof kan ook een rol spelen in de verduurzaming van de agrarische sector. Dit komt voort uit de mogelijkheden voor decentrale opwekking van duurzame energie op boerenbedrijven uit zon, wind en biomassa. Deze energie kan deels worden ingezet voor de productie van waterstof voor toepassingen in het zware vervoer. Denk aan tractoren en ander zwaar landbouwmaterieel, en vrachtwagens die worden ingezet in de agrarische logistiek. Ook kan deze waterstof worden ingezet als vervanging van aardgas voor het verwarmen van ruimtes. En voor processen als het drogen van producten. Op deze manier kan lokaal opgewekte energie beter worden benut en kan gebruik van diesel en aardgas worden verminderd. Regio's, bedrijven en kennisinstellingen werken op dit terrein aan demonstraties en pilots.

Ook in de glastuinbouw worden de mogelijkheden van het inzetten van waterstof actief onderzocht. Er is veel potentie en bereidheid om vanuit de glastuinbouw bij te dragen aan de energietransitie. Bijvoorbeeld door de productie en het gebruik van waterstof en door het in balans brengen van vraag en aanbod van energie en energiedragers. De sector zoekt daarbij de samenwerking met

⁸² Zie bronnenlijst

⁸³ Zie bronnenlijst

⁸⁴ Zie bronnenlijst

overheden en andere stakeholders, in een programma met 4 tot 6 pilots. Deze pilots moeten bijdragen aan het wegnemen van beleidsmatige, technische en organisatorische knelpunten voor de toepassing van waterstof in de glastuinbouw. Het is in deze fase belangrijk om deze pilots goed te begeleiden (door toegang tot subsidieregelingen en het oplossen van belemmeringen). En om te zorgen voor kennisuitwisseling. Daarom is de rol van RVO op dit vlak versterkt en wordt onderzocht op welke manier bestaande regelingen, pilots en demonstratieprojecten beter kunnen worden ondersteund. RVO heeft in juni 2022 het loket waterstof@rvo.nl geopend, waar regionale waterstofprojecten zich kunnen melden met vragen over subsidiëring, vergunningen, veiligheid en/of ondersteuning bij innovaties.

Visie op burgerparticipatie

In het ontwerp-beleidsprogramma Klimaat⁸⁵ van juni 2022 kondigt het kabinet een meer integrale visie op burgerbetrokkenheid bij de energietransitie aan. Onderdeel hiervan zijn een meer uniforme inzet op participatie, een visie op de rol van burgerinitiatieven in de transitie en het versterken van betrokkenheid op nationaal niveau, bijvoorbeeld via burgerfora. Gezien de cruciale rol van waterstof in de energietransitie, is het van belang dat wordt aangesloten op deze visie op burgerparticipatie.

12.2 Fase 2022-2025

Er is behoefte aan een uitleg over 'het waarom' van de klimaat- en energietransitie. Dat bleek uit verschillende publieksonderzoeken en vragen vanuit de regio's en koepelorganisaties. In juni 2022 werd dit verhaal gepubliceerd: 'Het narratief Klimaat en Energie'.⁸⁶ Dit narratief bestaat uit hoofdlijnen en heeft verdere doorvertaling nodig naar verschillende subthema's binnen de energietransitie. Daarom is in deze fase het maken van een basisnarratief over waterstof een belangrijke en dringende actie. Het narratief moet duidelijk maken waarom waterstof een essentiële energiedrager is binnen het toekomstige klimaatneutrale energiesysteem. Het helpt bij het delen van feiten over de diverse waterstofthema's en geeft uitleg over de gevolgen van het realiseren van waterstofproductie, -import, -toepassingen, een waterstofinfrastructuur en alle benodigde randvoorwaarden. Publieke en private partijen kunnen zo'n narratief gebruiken in communicatie-uitingen. Op deze manier kan het publiek zich op een heldere en objectieve manier laten informeren. Er wordt naar verwachting eind 2022 een waterstofnarratief gemaakt. De deelnemers aan het NWP adviseren om een overheidswebsite te lanceren, waar de basisinformatie over waterstof wordt gedeeld. De website www.windopzee.nl biedt hier een goed voorbeeld voor. Wel is het noodzakelijk om de thematische websites goed aan elkaar te koppelen en te plaatsen binnen het bredere narratief Klimaat en Energie. Binnen de narratieven moet speciale aandacht zijn voor de veiligheidsrisico's die van invloed zijn op de omgeving. Zie ook het thema Veiligheid in deze Routekaart.

In deze fase start de aanleg van het landelijk waterstofnetwerk (afronding 2027-2030) door Hystock en HyNetwork Services, dochterondernemingen van Gasunie. Deze infrastructuur- en opslagprojecten vallen onder de Rijkscoördinatieregeling (RCR, projectbesluit Omgevingswet) en geven – in overeenstemming met de Omgevingswet – veel aandacht aan omgevingsmanagement: informatievoorziening aan de omgeving, intensief overleg met regionale bestuurs- en maatschappelijke organisaties en publieksparticipatie vanaf de start van de projecten. De eerste projecten hebben veel invloed op het publieke draagvlak voor waterstof.

Daarnaast wordt in deze fase steeds duidelijker wat het ruimtebeslag is van onder meer projecten die te maken hebben met waterstof. En hoe de programmering richting het realiseren van waterstofprojecten eruit gaat zien. Dit beeld baseert zich onder meer op het PEH, provinciale MIEK, programma VAWOZ en de provinciale ruimtelijke arrangementen.

⁸⁵ Zie bronnenlijst

⁸⁶ Zie bronnenlijst

Energietransitieprojecten hebben impact op de omgeving. Er is al veel ervaring opgedaan bij het realiseren van wind- en zonneparken op land en bij infrastructurele projecten. De opgedane lessen en kennis worden gedeeld op platforms als het Lerend Platform Energie en Omgeving⁸⁷, waarbij veel partijen in de energiesector zijn aangesloten.

Om te bepalen wat het maatschappelijk draagvlak voor waterstof is, is het nodig om te monitoren hoe het publiek tegenover waterstof staat. De deelnemers aan het NWP adviseren om binnen de draagvlakpeilingen van bijvoorbeeld het RIVM of TNO aandacht te besteden aan waterstof. Zo kan op kwalitatieve wijze en op basis van een passende vraagstelling gevolgd worden hoe het draagvlak voor waterstof zich ontwikkelt.

Acties

- Eind 2022 - Afronding waterstofnarratief (actiehouder: het Rijk).
- 2022/2023 - Eerste actieve communicatie-uiting over veiligheidsrisico's bij de eerste ruimtelijke procedures (actiehouders: het Rijk, regionale overheden, de veiligheidsregio's, netbeheerders en initiatiefnemers van elektrolyzers).
- Gehele periode - Omgevingsmanagement en participatie bij waterstofprojecten vormgeven op dezelfde manier als nu in de energiebranche gewenst is, in lijn met de Omgevingswet (actiehouders: initiatiefnemers van elektrolyzers, netbeheerders, het Rijk en regionale partijen).
- Gehele periode - Monitoren welke behoefte aan ondersteuning er blijkt uit vragen aan het loket waterstof@rvo.nl en hier vervolg aan geven (actiehouders: Rijk en NWP).
- Gehele periode - Aansluiten bij de visie burgerparticipatie (actiehouders: het Rijk en deelnemers NWP).
- 2023 - Start van de monitoring op acceptatie van waterstof door middel van draagvlakpeilingen.

12.3 Fase 2025-2030

In de fase 2025-2030 worden regelmatig waterstofgerelateerde projecten ontwikkeld en gebouwd. De windbranche heeft in juni 2014 met de gedragscode 'Wind op Land'⁸⁸ een document opgeleverd dat door haar leden is onderschreven. In de gedragscode staan afspraken over de interactie met de omgeving en de verdeling van 'lusten en lasten'. De gedragscode is in 2020 herzien. In de fase 2025-2030 starten diverse elektrolyseprojecten die substantieel (>100 MW) van omvang zijn. In de waterstofsector wordt gevolgd hoe het omgevingsmanagement zich ontwikkelt en of een gedragscode behulpzaam kan zijn bij het realiseren van de waterstofambities. Het H2 Platform of (een opvolger van) het NWP kan het juiste orgaan zijn om hierover een uitspraak te doen.

Acties

- Gehele periode - Omgevingsmanagement en participatie bij waterstofprojecten professionaliseren, lessen uit de Omgevingswet toepassen (door initiatiefnemers van elektrolyzers, netbeheerders, het Rijk en regionale partijen).
- Optioneel - Het ontwikkelen van gedragscode (door het H2 Platform of NWP).

12.4 Fase na 2030

In de fase na 2030 zijn waterstofprojecten onderdeel van de reguliere energieprojecten. Omgevingsmanagement en communicatie blijven belangrijk, maar naar verwachting heeft dit geen verdere aandacht nodig. De monitoring van het draagvlak levert input op om te bepalen of extra inzet op dit vlak nodig is.

⁸⁷ Zie bronnenlijst

⁸⁸ Zie bronnenlijst



- De energietransitie en de opkomst van een waterstofmarkt bieden veel kansen voor de Nederlandse maakindustrie, die daarop al acteert; samenwerking tussen de Nederlandse procesindustrie en die maakindustrie moet op gang komen om de beste nieuwe generatie elektrolyzers en/of componenten daarvoor te gaan produceren
- Nederlandse maakindustrie-partijen hebben momenteel een goede uitgangspositie op onder meer het gebied van de nieuwe generatie schaalbare en repliceerbare (componenten voor) elektrolyzers, brandstofcellen, meetsystemen, compressoren en andere onderdelen.
- Momenteel zijn er nog geen commerciële Nederlandse productiepartijen die als systeemintegrator voor elektrolyzers opereren. Wel zijn er enkele *start ups* en producenten van kleinschalige (0,5-1MW) systemen. Daarnaast hebben tier1- en 2-leveranciers al een positie naar OEM's of komen snel met een product.
- Het doel is om voor 2025 de eerste pilots en demo's van elektrolyzers en stacks, gebouwd door de Nederlandse maakindustrie te realiseren en onderzoek te ondersteunen, onder meer met testfaciliteiten en een veiligheidscentrum.
- Na 2025 wordt de Nederlandse maakindustrie doorontwikkeld tot een internationale speler, die sleutelposities inneemt voor zowel elektrolyzers als voor andere installaties/componenten.

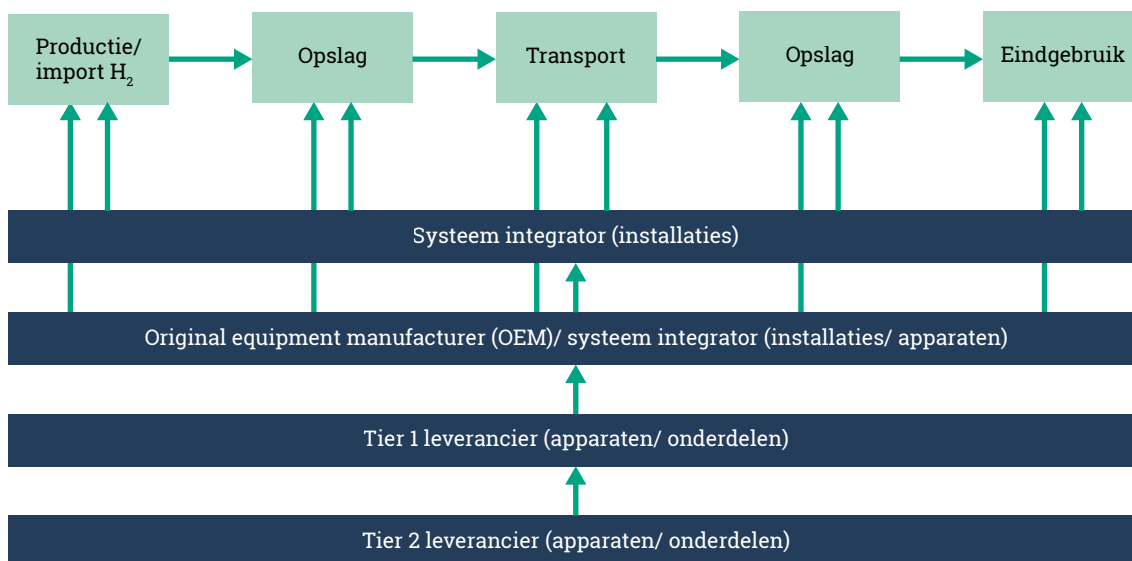
13.1 Beschrijving thema Maakindustrie

De snelle groei van waterstofketens biedt de Nederlandse maakindustrie kansen op (inter)nationale markten die al snel in de honderden miljarden kunnen lopen. Naar schatting zijn al ongeveer duizend Nederlandse bedrijven actief op deze nieuwe markten. Door snel te handelen kunnen Nederlandse bedrijven 'control points' innemen in diverse deelmarkten, zodat de internationale waterstofindustrie niet om de Nederlandse bedrijven heen kan.

Voor onze energievoorziening geldt dat het belangrijk is om een aanzienlijk deel van de supply chains in Europa te vestigen om te borgen dat de afhankelijkheid van derde landen beperkt is. Voor wat betreft batterijtechnologie zijn Nederland en Europa laat ingestapt, dit kan bij de ontwikkeling van de maakindustrie voor waterstofketens geven het ontwikkelstadium nu nog worden voorkomen.

De maakindustrie is bij alle onderdelen van de waterstofketen betrokken als producent en leverancier van componenten en/of als systeemintegrator (original equipment manufacturer, OEM). De maakindustrie heeft raakvlakken met de diverse onderdelen van de waterstofketen, te weten productie, transport, opslag en eindgebruik. Eindgebruik is daarnaast verspreid over diverse sectoren zoals mobiliteit en transport, industrie, gebouwde omgeving en elektriciteitsopwekking/back-up. Bovendien heeft de maakindustrie zijn eigen ketenopbouw. Het volgende plaatje laat duidelijk de breedte en diversiteit van de maakindustrie zien.

Figuur 13.1 **Ketenopbouw maakindustrie**



Voor het slagen van het Nederlandse beleid inzake duurzame energie, met name de beoogde aanleg en benutting van windparken op zee, is de omzetting van water in waterstof met behulp van elektriciteit cruciaal. De productie van waterstof gebeurt met name via elektrolyzers. Voor de productie van elektrolyzers kunnen we constateren dat Nederland achterloopt ten opzichte van andere Europese landen waar bedrijven aanwezig zijn die een sterke positie hebben op dit terrein. Bekende voorbeelden van OEM's zijn onder meer ThyssenKrupp, Siemens, McPhy, ITM, Nel en Cummins.

De energietransitie en de opkomst van waterstof bieden veel kansen voor de Nederlandse maakindustrie. De ambitie is om in 2030 wereldwijd circa 145 gigawatt (GW) aan geïnstalleerd elektrolysevermogen te hebben gerealiseerd, wat overeenkomt met een markt met een economische waarde van circa €15 miljard per jaar. Ter referentie: op dit moment is er wereldwijd minder dan 1 GW gerealiseerd. Dit betekent een enorme groeiemarkt waarin nog veel ruimte is voor nieuwe spelers.

In Nederland zijn er veel grootschalige waterstofprojecten aangekondigd. Op dit moment speelt de Nederlandse maakindustrie op het gebied van elektrolyse nationaal en internationaal geen rol van betekenis bij de realisatie. Dit komt met name omdat we nog geen OEM-partij hebben. Wel vinden we een aantal innovatieve start ups, met name in de regio Gelderland (HyET, HyGear, Nedstack, MTSA) en zien we dat maakbedrijven in de regio's Brabant en Overijssel (VDL, Demcon, Bosch) zich oriënteren op een rol als turnkey partner of OEM-partij. Tot slot zien we landelijk nog diverse maakpartijen die een rol zoeken als toeleverancier op componentniveau (Coorstek, Vonk, Ionbond, Magneto, Veco) of zich richten op de installatie en balance of plant (VolkerWessels) en complete systemen (HyCC).

Een grotere betrokkenheid van de Nederlandse maakindustrie bij elektrolyse zorgt ervoor dat de noodzakelijke kennis voor de waterstoftransitie voor Nederland beschikbaar komt en/of blijft. Een goed ontwikkelde Nederlandse maakindustrie op het gebied van waterstof is verder van belang voor de groei van werkgelegenheid in het kader van de energietransitie.

De grote diversiteit in de maakindustrie leidt ertoe dat de Routekaart een breed pallet omvat. De thema's zoals industrie, innovatie en mobiliteit hebben een directe link met het thema maakindustrie.

Op andere onderwerpen die van belang zijn voor de ontwikkeling van waterstofketens speelt de Nederlandse maakindustrie wel een rol van betekenis.

- Nedstack bijvoorbeeld is al 20 jaar actief in de productie van brandstofcellen, -stacks en -systemen en heeft recent besloten om een fabriek op gigawatt-schaal in Arnhem te bouwen. Deels daaromheen heeft zich in de afgelopen jaren een technologiecluster ontwikkeld van bedrijven die zich met onder meer de balance-of-plant, systeemintegratie en (elektrochemische) compressie bezighouden, zoals HyET, HyMatters en MTSA.
- In transport en vervoer heeft Nederland een goede positie in het zwaardere segment, met name bussen, vrachtwagens, specialty-voertuigen (vuilniswagens, veegwagens, heftrucks et cetera) en de binnenvaart. Diverse kleine en grote bedrijven brengen hiervoor technologie op de markt door eigen voertuigen aan te bieden of bestaande voertuigen om te bouwen. Voorbeelden zijn E-trucks, Holthausen/Hyzon, VDL en Future Proof Shipping.
- In de gebouwde omgeving heeft Nederland een sterke positie als leverancier van installaties voor de verwarming van woningen. Diverse fabrikanten (onder meer Remeha, Nefit-Bosch, Tieluk, Hot Green Energy) brengen voor waterstof geschikte installaties (mono- en hybride ketels) op de markt. Daaraan gerelateerd heeft Nederland ook een relatief sterke positie als het gaat om de productie van branders en turbines voor aardgas en waterstof (zoals Ansaldo-Thomassen en OPRA).
- Tot slot is er een sterke sector die zich met het meten en regelen van waterstofkwaliteit bezighoudt en daarvoor technologie, apparaten en diensten aanbiedt.

13.2 Fase 2022-2025

In deze fase is het belangrijk dat enkele spelers die een goede kans van slagen hebben om succesvol een elektrolyser op de markt te krijgen, ondersteund worden. De huidige markt wordt gedomineerd door Alkaline (AEL) en Proton Exchange Membrane (PEM) elektrolyse. Daarnaast zal allereerst moeten worden gekeken. Daarnaast zijn er veelbelovende ontwikkelingen op gebied van Solid Oxide (SOE) en Anion Exchange Membrane (AEM) technologie, maar deze hebben voorsnog geen serieus marktaandeel. De kans dat Nederlandse toeleveranciers succesvol hun producten en innovaties kunnen aanbieden aan een Nederlandse OEM, is groter dan dat zij deze aan andere aanbieden. Dit geldt met name nu van OEM's gevraagd wordt zeer snel op te schalen.

Verder is van belang dat een vervolg wordt gegeven aan materiaalonderzoek om elektrolyzers goedkoper te maken en de hoeveelheid benodigde kritische grondstoffen te reduceren en dat er voldoende testfaciliteiten beschikbaar komen voor het testen van nieuwe, innovatieve

componenten en verbeterde stacks. Het Hydrohub MegaWatt Test Centre (<https://ispt.eu/projects/hydrohub-megawatt-test-centre/>) is een mooi voorbeeld, maar er zijn nog te weinig testfaciliteiten. Ten slotte is het in deze fase noodzakelijk dat er plannen worden gemaakt om de partijen in de maakindustrie die componenten maken voor opslag, transport en toepassing voor te bereiden op de groei die benodigd is.

Doelen

- Realisatie van pilots en demo's van elektrolyzers en stacks, gebouwd door een Nederlandse OEM, waarvan de productie op relatief kortere termijn opgeschaald en uitgerold kunnen worden. Dit is gericht op de midden- en hogere TRL-niveaus.
- Ondersteuning van laag TRL-onderzoek en -ontwikkeling van oplossingen die op de midden- en lange termijn bij kunnen dragen om slimmer, efficiënter, veilige en goedkope waterstof te produceren, transporteren, op te slaan en/of toe te passen.
- Verder bouwen aan een sterk ecosysteem waarin gezamenlijk geïnnoveerd kan worden en kansrijke projecten kunnen worden neergezet. Onderdeel hiervan is om een plan te maken voor het inrichten van voldoende testfaciliteiten in Nederland voor zowel componenten als elektrolyser stacks. Met de veelheid aan bedrijven, die zich inmiddels bezighouden met waterstof en zich ook aan het organiseren zijn in bijvoorbeeld het elektrolyser makersplatform, dient een actieve afstemming plaats te vinden om de energietransitie vanuit de maakindustrie zo goed mogelijk te ondersteunen.

Acties

1. Beleid vanuit overheid en NWP voor grootschalige pilots en demo's. Hierin moet nauw samen worden opgetrokken met de klant/operator van de elektrolyser (Shell, Engie, Yara, Tata, HyCC, et cetera). Het ontbreken van een trackrecord op gebied van veiligheid en levensduur maakt deze *market entry* een lastige strategie. Het financieel spreiden van deze risico's over equipment producent, klant en overheid is een tijdelijke noodzaak.
2. De ondersteuning van de ontwikkeling, productie en implementatie van kleinschalige systemen voor decentrale productie en gebruik. Hierbij ligt de focus op multifunctionele inzetbaarheid en slimme integratie met het lokale (energie)systeem, bijvoorbeeld door gebruik van restwarmte, integratie met lokale opslag, of reversibel opereren als brandstofcel. Deze markt is nog vrijwel onontgonnen en biedt volop ruimte voor nieuwe technologieën. Beleid vanuit overheid en NWP kan helpen door het bij elkaar brengen van vraag en aanbod, het subsidiëren van de onrendabele top, en het vergemakkelijken van wet- en regelgeving (omgevings- en milieuvergunningen). Naar verwachting dient speciaal aandacht te worden besteed aan de optie om via deze systemen de netcongestieproblematiek te verkleinen.
3. Faciliteren van tipping point projecten. Gegeven de jonge leeftijd van het veld, zijn nog de nodige verrassende doorbraken te verwachten. Zowel in grootschalige als decentrale systemen. De kunst is om hierbij tijdig af te bakenen en innovatieve ideeën die zijn toegeschreven naar Nederlandse maaktechnologie te stimuleren. Een mooi voorbeeld is de inzet van hoge precisie keramisch spuitgieten bij Coorstek Uden voor een nieuwe type SOEC ontwikkeld door Circonica. Beleid vanuit overheid en NWP kan helpen door bij de grootschalige financieringsprogramma's (bijvoorbeeld Groeifonds Groenvermogen) telkens een deel te reserveren voor high-risk/high-gain projecten. Daarbij moet van tevoren worden geaccepteerd dat er ook zaken zullen mislukken, en alle ruimte gegeven worden (weinig administratieve verantwoordingsdruk) om enkele 'gekke' ideeën verder uit te werken.
4. Faciliteren van laag TRL-onderzoek zoals nu bijvoorbeeld voorzien in GroenvermogenNL.
5. Plannen en start inrichten testfaciliteiten voor zowel componenten als elektrolyser stacks.
6. Ondersteunen en uitbouwen ecosysteem van leveranciers voor de waterstofeconomie via bijvoorbeeld het elektrolyzers makersplatform

Randvoorwaarden

- Duidelijkheid over staatssteunregels, onder meer mogelijkheden nu waterstof valt onder IPCEI.
- Steun van eindgebruikers om productiefaciliteiten uit te breiden met testfaciliteiten om zo de transitie te kunnen versnellen.

13.3 Fase 2025-2030

Vanaf 2025 dient er aandacht te zijn voor enerzijds opschaling van productie en anderzijds voor de uitdagingen van implementaties. Tegelijkertijd dient in deze periode antwoord te komen op aanverwante vragen op het gebied van bijvoorbeeld mogelijkheden voor recyclen en verwachtingen in deze, verwachtingen inzake maatschappelijk verantwoord ondernemen en noodzaak om de afhankelijkheid van kritische grondstoffen verder te reduceren.

Doelen

- Doorontwikkeling van Nederlandse OEM's naar internationale spelers, zowel voor elektrolyzers als voor andere installaties.
- Het ontwikkelen van blauwdrukken via systeemstudies en beleidskeuzes op basis waarvan de maakindustrie zich kan voorbereiden op grote stappen in de energietransitie.
- Inzicht krijgen in mogelijkheden van optimalisaties bij opschaling zoals het stapelen van ruimtes met elektrolyzers, standaardisatie deel van klanteisen, uitbouw mogelijkheden automatisering en dergelijke.
- Het testen van nieuwe materialen en innovaties.

Acties

1. Stimuleren van toepassingen van waterstof, zodat de markt voor elektrolyzers en andere installaties, apparaten en componenten zich ontwikkelt.
2. Via regelingen en studieresultaten zekerheid geven aan investeringen in uitbreiding van productiecapaciteit van leveranciers in de maakindustrie.
3. Faciliteren van opschaling van de uitkomsten van laag TRL-onderzoek uit de vorige fase.
4. Faciliteren van de opschaling van nieuwe elektrolysertechnologieën zoals de solid oxide elektrolyser en de anion exchange membrane elektrolyser.
5. Faciliteren van DFM-projecten (design for Manufacturing). Dat wil zeggen op projectniveau een stimulans geven aan ontwerpen waar men het product design afstemt op de productiemethode met als doel een zo laag mogelijke kostprijs te behalen met een zo hoog mogelijk rendement op basis van de aanwezige maakcompetenties. De uitdaging zit hem niet alleen in een ander ontwerp maar ook dit te fabriceren met de huidige of aanpalende kennis en kunde van nu. We moeten een duidelijk doel hebben wat we willen bereiken en vervolgens de mensen de vrijheid geven hun weg te vinden.
6. Inrichten, uitbreiden en steunen testfaciliteiten met betrekking tot installaties, apparaten en componenten voor de waterstofeconomie (onder meer industrie, opslag, transport, verkeer, gebouwde omgeving).
7. Uitvoeren studies inzake recycling, MVO-aspecten en reductie van negatieve bijeffecten van waterstofproductie en -toepassing.
8. Versterken ecosysteem maakindustrie waterstofeconomie.

Randvoorwaarden

- Beleid dat borgt dat er een eerlijk speelveld is voor de Nederlandse maakindustrie op de Europese markt en daarbuiten.
- Blijvende stimulering van samenwerking tussen de procesindustrie en de maakindustrie in Nederland met betrekking tot waterstofproductie en -toepassing.
- Regelgeving, vergunningseisen, certificatie, normering, et cetera, zijn bekend en toepasbaar.
- Voldoende opleidingscentra voor bijscholing personeel.
- In zoverre nodig: internationale afspraken voor de levering van kritische grondstoffen.

13.4 Fase na 2030

Na 2030 zal de nadruk liggen op uitrol van de plannen en daarmee op stabiele levering door de maakindustrie. In het verlengde daarvan ligt productieoptimalisatie, kostenreductie en de ontwikkeling van een internationale markt. Onderdeel hiervan zijn ook beperking van onderhoud en het inregelen van de vervangingsmarkt.

Doelen

- Nederlandse leveranciers van elektrolyzers, componenten en apparaten voor de waterstof-economie verwerven een relatief groot aandeel in de internationale markt.
- Het ecosysteem voor de waterstofsector stabiliseert en neemt verantwoordelijkheid voor het regelen van de benodigde faciliteiten voor de maakindustrie om over een langere termijn de waterstofeconomie te ondersteunen. Hierin wordt ook radicale innovatie en vernieuwing door de Nederlandse maakindustrie ingebracht om onze internationale positie veilig te stellen.
- Voor deze fase worden, vanwege de grote mate van onzekerheid, nu nog geen acties en randvoorwaarden geconcretiseerd. Deze zullen vanaf 2025 bepaald kunnen worden.

Figuur 13.2 **Routekaart maakindustrie**





14

Thema Human Capital Agenda

- Er moet worden geïnvesteerd in mensen en opleidingen met betrekking tot waterstof.
- GroenvermogenNL heeft daar een programma voor gemaakt.
- Deze Human Capital Agenda bestaat uit 5 onderdelen:
 1. Het in kaart brengen van de kennisbehoefte;
 2. Het opzetten van Learning Communities;
 3. Het opzetten van een kennisplatform;
 4. Het ontwikkelen van een nationaal pakket aan onderwijsprogramma's;
 5. Het stimuleren van innovatie en opleiden onder het MKB.

Er is tot eind 2022 5 miljoen beschikbaar voor deze plannen. Bij voldoende voortgang komt er een aanvullend bedrag van 45 miljoen beschikbaar.

14.1 Beschrijving thema Human Capital Agenda

Zonder voldoende en goed gekwalificeerd personeel komt de opschaling van waterstof in Nederland niet snel van de grond op de schaal die nu geambieerd wordt. We moeten daarom flink investeren in het opleiden van mensen die bijvoorbeeld elektrolyzers en installaties kunnen bouwen, die weten hoe je waterstof veilig moet vervoeren, die transportleidingen kunnen aanleggen en die weten hoe een brandstofcel optimaal werkt. Deze mensen zijn er nu nog te weinig omdat er in vrijwel alle sectoren van de energietransitie grote tekorten zijn, vooral als het gaat om technisch geschoold personeel.

Arbeidsmarktbeleid stoelt op 3 belangrijke pijlers die ook hier relevant zijn: 1) de vraag naar arbeid, 2) het aanbod van arbeid en 3) de matching tussen vraag en aanbod. Om te zorgen dat er genoeg mensen zijn om de waterstofmarkt te helpen ontwikkelen, is inzet op alle 3 de pijlers nodig op MBO-, HBO-, WO-niveau en via particuliere instellingen (aanbod). Tot slot moeten we banen en mensen aan elkaar weten te koppelen, bijvoorbeeld via regionale samenwerkingsverbanden of online platforms.

Op al deze onderdelen richt GroenvermogenNL⁸⁹ zich met de Human Capital Agenda GroenvermogenNL: Brug naar de toekomst (HCA)⁹⁰. GroenvermogenNL is een onderzoeks-, demonstratie- en investeringsprogramma dat wordt gefinancierd uit het nationale groeifonds. In de HCA staan plannen voor de komende 4 jaar. Er is tot eind 2022 5 miljoen euro beschikbaar voor deze plannen. Bij voldoende voortgang komt er een aanvullend bedrag van 45 miljoen euro beschikbaar. Daarmee kan een forse impuls worden gegeven aan de HCA Waterstof.

De plannen bestaan uit 5 onderdelen:

1. Het in kaart brengen van de kennisbehoefte; welke specifieke kennis is er nodig om waterstof in Nederland op te schalen? Dit is deels al in kaart gebracht via diverse studies.
2. Het opzetten en/of versterken van zogenaamde Learning Communities in de regio. Daarbij gaat het om het optimaliseren van het samenwerkingsverband van kennisinstellingen en bedrijven om opgedane kennis direct toe te passen in de praktijk.
3. Het opzetten van een digitaal nationaal kennisplatform waar kennis en best practices over HCA worden gedeeld en waar matching tussen partijen plaatsvindt.
4. Het ontwikkelen van een nationaal pakket aan onderwijsprogramma's voor MBO, HBO en WO, maar ook voor het bedrijfsleven en de particuliere opleidingssector.
5. Het stimuleren van innovatie en opleiden onder het MKB door onder meer financiële ondersteuning.

HCA-GroenvermogenNL werkt op HCA-gebied samen met andere, gerelateerde Groeifondsvoorstellen, met PTvT/Katapult en met LLO-Katalysator (Leven Lang Ontwikkelen).

⁸⁹ Zie bronnenlijst

⁹⁰ Zie bronnenlijst

Tabel 14.1 Planning human capital agenda waterstof

Onderdeel	Jaartal	KPI
Onderdeel 1: Kennisbehoefte Via regionale liaisons worden per regio roadmaps gemaakt. Ook wordt een Nationale Kenniskaart gemaakt inclusief onderhoud daarvan.	2022/23	6 regionale liaisons geïnstalleerd. - Roadmap per regio gereed. - Eerste versie Nationale Kenniskaart gereed incl. onderhoud.
Onderdeel 2: Learning Communities In de regio's worden learning communities opgericht en/of versterkt.	2022-2025	In de 6 regio's zijn Learning Communities gestart.
	2025	Learning Communities in de regio's zijn actief en werken goed.
Onderdeel 3: Nationaal Kennisplatform Programma van eisen opstellen, platform inrichten en onderhouden.	2022	- Programma van eisen gereed - Partij geselecteerd die platform ontwikkelt.
	2025	Nationaal Kennisplatform is gereed, wordt actief gebruikt en onderhouden.
Onderdeel 4: Pakket aan onderwijsprogramma's Ontwikkeling van cursussen, een breder nationaal pakket en een digitale leeromgeving.	2022/23	3 cursussen gereed: Nationale Waterstof Cursus, Cursus Waterstofproductie, Opslag, Transport & Overslag en Cursus Waterstof voor de Industrie. - Uitvraag voor breder nationaal pakket en digitale leeromgeving.
	2025	- Cursuspakket is gereed en wordt actief gebruikt. - Nationaal pakket is gereed. - Digitale werkomgeving is gereed.
Onderdeel 5: Stimulering MKB Creëren subsidie-instrument waar MKB gebruik van kan maken.	2022	Subsidie-instrument voor MKB-bedrijven en ondersteuning op orde.
	2025	Instrument is succesvol gebruikt door het MKB.

15

Bijlage I

Factsheet Routekaart Waterstof aan Wind op Zee

15.1 Inleiding

In september 2022 spraken 9 Europese Noordzeelanden (de zogeheten North Seas Energy Cooperation, bestaande uit België, Ierland, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Luxemburg, Nederland, Noorwegen en Zweden) in Ierland af om tegen 2050 gezamenlijk 260 gigawatt (GW) windvermogen op de Noordzee te gaan opwekken, met tussentijdse doelstellingen van 193 GW tegen 2040 en 76 GW tegen 2030. In mei 2022 spraken Nederland, Denemarken, Duitsland en België in Esbjerg af om voor 2050 windparken met een totaal vermogen van 150 GW in de Noordzee te bouwen, met een doel van 65 GW voor 2030. Nederland neemt hiervan 21 GW rond 2030 voor haar rekening, zoals opgetekend in de aanvullende Routekaart 2030⁹¹. Ook gaat Nederland onderzoeken of de doorgroei naar 50 GW aan windenergie op zee in 2040 en 70 GW in 2050 mogelijk is, inclusief grootschalige waterstofproductie op de Noordzee⁹².

In de aanvullende Routekaart 2030 is aangegeven dat er 10 GW windenergie op zee wordt gerealiseerd bovenop de al geplande 11 GW. Hiervan is de inschatting dat 6 GW in 2030 wordt aangeland en 4 GW eind 2031 wordt gerealiseerd, waarbij voor de zekerheid is overgeprogrammeerd (zie tabel 15.1). Van de ongeveer 21 GW rond 2030 kan de ongeveer 11 GW van de oorspronkelijke Routekaart Windenergie Op Zee 2030 worden ingevoed op het hoogspanningsnet op land en daarna getransporteerd worden naar de afnemers, zijnde industrie, kantoren en bedrijven en huishoudens. De aanvullende ongeveer 10,7 GW kan niet zonder meer op het landelijke hoogspanningsnet worden ingevoed en getransporteerd, maar zal zoveel mogelijk nabij de aanlandingslocaties (zie figuur 15.1) verbruikt moeten worden. Daarom bevinden deze locaties van het net op zee zich in of nabij de grote industriële clusters aan de kust. De aangevoerde elektriciteit kan daar ter plekke worden benut voor elektrificatie van industriële processen en/of de productie van hernieuwbare waterstof.

⁹¹ Zie bronnenlijst

⁹² Zie bronnenlijst

Daarvoor is het wel noodzakelijk dat er voldoende elektriciteitsvraag ontwikkelt met het juiste vraagprofiel om het extra aanbod windenergie op zee te benutten.

Tabel 15.1 Aanvullende routekaart windenergie op zee 2030

Omvang (GW)	Windenergiegebied, kavel(s)	Tender kavels	(Verwachte) ingebruikname windpark	Status
0,75	Borssele, kavels I en II	Gerealiseerd in 2016	2020	
0,75	Borssele, kavels III, IV en V	Gerealiseerd in 2016	2020	
0,76	Hollandse Kust (zuid), kavels I en II	Gerealiseerd in 2017	(2022-2023)	
0,76	Hollandse Kust (zuid), kavels III en IV	Gerealiseerd in 2019	(2022-2023)	
0,76	Hollandse Kust (noord), kavel V	Gerealiseerd in 2020	(2023)	
ca. 0,7	Hollandse Kust (west), kavel VI	Gerealiseerd in 2022	(2025-2026)	
ca. 0,7	Hollandse Kust (west), kavel VII		(2025-2026)	
ca. 1,0	IJmuiden Ver, kavel III	Vierde kwartaal 2023	(2028)	
ca. 1,0	IJmuiden Ver, kavel IV		(2028)	
ca. 1,0	IJmuiden Ver, kavel I		(2029)	
ca. 1,0	IJmuiden Ver, kavel II		(2029)	
ca. 1,0	IJmuiden Ver (noord), kavel V	Tweede kwartaal 2025	(2029)	
ca. 1,0	IJmuiden Ver (noord), kavel VI		(2029)	
ca. 2,0	Nederwiek (zuid), kavel I		(2030)	
ca. 2,0	Nederwiek (noord), kavel II	2026*	(2030)	
ca. 2,0	Nederwiek (noord), kavel III		(2031)	
ca. 0,7	Hollandse Kust (west), kavel VIII	2026/2027**	N.t.b.**	
ca. 0,7	Ten noorden van de Waddeneilanden, kavel I	2026/2027*	(2031)	
ca. 2,0	Doordewind, kavel I	2027*	(2031)	
ca. 2,0	Doordewind, kavel II	2027*	(2031)	



Gerealiseerd



In aanbouw



Gepland

- * De tenderdata voor deze winenergiegebieden zijn indicatief. Naar verwachting zal in 2024 over de planning een definitief besluit worden genomen, op basis van de resultaten van het onderzoeksprogramma Programma Aansluiting Wind op Zee - Eemshaven (PAWOZ - Eemshaven) voor Ten noorden van de Waddeneilanden en Doordewind, en het onderzoek naar aanlanding voor kavel III van Nederwiek.
- ** De tenderdatum voor dit windenergiegebied is indicatief. In afwachting van duidelijkheid over de in ontwikkeling zijnde plannen van Tata Steel voor verduurzaming van de energievoorziening en het productieproces zal hierover nadere besluitvorming plaatsvinden. De besluitvorming over de aanlanding van het betreffende deel van het net op zee zal hiermee samnhangen.

Figuur 15.1 **Aanlandlocaties windenergie op zee**



Verdere uitrol windenergie op zee

In september 2022 heeft het kabinet haar visie gegeven op de verdere realisatie van windenergie op zee na 2030 en wat er nodig is om deze verdere realisatie succesvol vorm te geven. Dit deed ze mede op basis van meerdere onderzoeken. Aangegeven is dat in het Nationaal Plan Energiesysteem richtdoelen voor windenergie op zee in 2035, 2040 en 2050 worden vastgesteld in samenspraak met stakeholders voor de Noordzee, waarbij wordt gekeken naar de bovenkant van de bandbreedte

van energie-scenario's. Dit betekent dat er gekeken wordt naar ca. 50 GW in 2040 en ca. 70 GW in 2050. Aangegeven wordt dat de verwachting is dat er na 2030 naast elektriciteit ook waterstof op de Noordzee geproduceerd zal worden en dat bij de uitrol van windenergie op zee wordt gewerkt met een hub-gebaseerde aanpak waarbij voor grotere en verder gelegen gebieden integraal bekeken wordt in welke vorm (elektronen of moleculen) de opgewekte energie het beste aan land gebracht kan worden. Het grootste voordeel van waterstof op zee produceren (ten opzichte van waterstofproductie op land waarbij de hernieuwbare elektronen ook grotendeels van zee zullen moeten komen) is dat de energie door middel van een buisleiding naar land kan worden gebracht, in plaats van via elektriciteitskabels. Eén buisleiding kan waterstof vervoeren van 10 GW aan productie op zee, evenveel als 5 elektriciteitskabels van 2 GW die TenneT nu als standaard gebruikt voor nieuwe windparken. Dit maakt dat de impact op de kustregio's waar de kabels en buisleidingen van windenergie op zee aanlanden kan worden beperkt, omdat er minder aansluitingen nodig zijn. Een tweede voordeel is dat de verdere groei van windenergie op zee steeds verder op de Noordzee zal plaatsvinden en dat voor deze verder gelegen gebieden het maken van waterstof op zee naar verwachting goedkoper is dan het maken van waterstof op land met de elektriciteit die van deze verder gelegen windparken zou komen. Om Rijk en markt op de productie van waterstof op zee voor te bereiden, wordt ingezet op een innovatieprogramma en het realiseren van een aantal demonstratieprojecten voor waterstof op zee nog vóór 2030. Daarnaast wordt aangegeven dat voor waterstoftransport wordt onderzocht welke marktordening het beste past en moet de mogelijke rol van een publieke netbeheerder worden uitgewerkt. De verdere groei van windenergie en waterstof op zee na 2030 betekent ook dat de druk op andere belangen, waaronder de ecologie op de Noordzee, groeit. De integrale afweging hiervoor vindt plaats in de Partiële Herziening van het Programma Noordzee. In het Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee (VAWOZ) 2031-2040⁹³ wordt onderzocht hoe de energie van windparken op zee het beste aan land kan worden gebracht voor de periode 2031-2040. Binnen dit programma wordt gekeken of energietransport middels elektronen (met stroomkabel) of middels moleculen (via een waterstofleiding) het meest geschikt is.

Tabel 15.2 **Beleidsagenda Wind op zee**

Nationaal plan energiesysteem	Resultaat
Richtdoelen vaststellen voor windenergie op zee voor 2035, 2040 en 2050	Q2 2023
Ontwikkelprogramma Energiesysteem Noordzee	
Onderzoek naar potentie hergebruik gasinfrastructuur op de Noordzee voor waterstof	Najaar 2022
Nadere uitwerking marktordening en mogelijke rol publieke netbeheerder voor waterstof op zee	Najaar 2022
Opstarten innovatieprogramma energiehub's en waterstof op zee	Najaar 2022
Opstellen Energie Infrastructuur Plan Noordzee 2050. Eind 2022 resultaten eerste verkenning.	Eind 2023
Vormgeven breder beleidskader (marktordening, regulering en tenderssystematiek) voor waterstof op zee en energiehub's (+eventueel benodigd wetgevingskader daarna)	2022-2023
Voortrollende routekaart Windenergie op zee	
Uitwerking tenderssystematiek voor resterende kavels routekaart windenergie (ca. 21GW) tot 2031	Q4 2022
Partiële herziening Programma Noordzee 2022-2027 wijst windenergiegebieden en zoekgebieden aan voor realisatie na 2031	Q1 2023 keuze voor ambitie, scope en tijdspad
Programma VAWOZ 2031-2040 brengt opties voor aanlanding elektrisch en moleculen in beeld.	2024
Aanvullen Routekaart windenergie op zee met projecten na 2031	2024

93 Zie bronnenlijst

Leeswijzer

In deze bijlage wordt naar 4 onderdelen gekeken. We beginnen met het bekijken hoe wind op zee en elektrolyse in het energiesysteem passen. In de daaropvolgende paragraaf wordt gekeken naar de koppeling van wind op zee met onshore elektrolyse. De opschaling van waterstof zal naar verwachting in eerste instantie vooral op land plaatsvinden. Er zijn op de toekomstige aanlandlocaties al meerdere initiatieven die hierop inspelen. In de toekomst zal offshore elektrolyse een grotere rol gaan spelen. Dit wordt in de paragraaf 'offshore elektrolyse' nader toegelicht. Tot slot geven we aan welke verbanden met andere thema's er spelen bij dit onderwerp.

Bij het opstellen van deze bijlage is gekeken naar het stuk 'Alles uit de kast' van de Werkgroep Extra Opgave⁹⁴, die van het Uitvoeringsoverleg Elektriciteit de opdracht heeft gekregen om uit te werken hoe het Nederlandse energiesysteem kan omgaan met de stijgende elektriciteitsvraag in 2030 (en daarna) en hoe dit past binnen de emissieruimte voor de elektriciteitssector en beschikbare en benodigde infrastructuur. In dit document worden 2 aanbevelingen gegeven die betrekking hebben op wind op zee in relatie tot waterstofproductie. Deze zijn:

1. Start op korte termijn met deze acties voor extra wind-en-waterstofproductie op zee:
 - a. Stel als overheid een verhoogd concreet doel voor hernieuwbare-waterstofproductie in 2030 van ruim 8 GW. Stel daarbij een subdoel voor onshore elektrolyse van ruim 6 GW en een subdoel van 2 GW elektrolyse op zee. Geef het Noordzeeoverleg opdracht te starten met de ruimtelijke verkenning en het benodigde ecologische onderzoek in voorbereiding op de mogelijke aanwijzing van extra kavels voor 2 GW, bovenop de ongeveer 21 GW voor 2030-31, expliciet voor waterstofproductie op zee.
 - b. Ontwikkel een breed innovatieprogramma voor hernieuwbare waterstof, met daarin ook aandacht voor offshore elektrolyse, om snel de benodigde innovaties aan te jagen en onderling leren maximaal te stimuleren. Dit is essentieel om de vereiste, zeer ambitieuze ontwikkelingssnelheid richting 2030 te halen.
2. Ontwikkel daarnaast nog dit jaar een Routekaart 'Waterstof Op Zee 2030' om de onderlinge samenhang van activiteiten af te stemmen en te borgen.

15.2 Inpassing in het energiesysteem

Voor de verhoogde ambitie uit de aanvullende Routekaart 2030 van 21 GW heeft de Verkenning Aanlanding Wind Op Zee 2030⁹⁵ (VAWOZ) het aanlandingsvraagstuk verkend, waarvoor TenneT verschillende netanalyses heeft uitgevoerd. Uitgangspunt is dat elektrisch wordt aangeland. Aanlandlocaties zijn gekozen op basis van de beschikbare capaciteit in het hoogspanningsnet en bestaande vraag, waardoor industrieclusters logische aanlandpunten waren. TenneT concludeert hierbij dat de windparken vanaf de aansluiting van IJmuiden Ver (noord) niet zondermeer kunnen worden aangesloten op het hoogspanningsnet. De koperen-plaat-gedachte van het elektriciteitsnet loopt tegen zijn grenzen. De versnelling die nodig is om de 2030-doelen te halen is daarmee niet alleen een economische uitdaging, maar vooral ook een uitdaging qua netcapaciteit op land. De vraag naar duurzame energie (zowel groene elektronen als moleculen) dient te worden gestimuleerd zodat WoZ bij kan blijven dragen aan de verduurzaming en het halen van de klimaatdoelen.

In overleg met TenneT en marktpartijen zijn meerdere potentiële oplossingsrichtingen signaleerd voor deze problematiek. Afhankelijk van welke oplossing er wordt gekozen, kan dit een prikkel opleveren voor marktpartijen of voor TenneT om voldoende (flexibele) vraag in de aanlandregio te ontwikkelen (waaronder elektrolyse). EZK werkt de verschillende oplossingsrichtingen momenteel verder uit, in overleg met TenneT en marktpartijen. De uitkomst hiervan is relevant voor de Routekaart Waterstof omdat dit een prikkel kan betekenen voor het

⁹⁴ Zie bronnenlijst

⁹⁵ Zie bronnenlijst

ontwikkelen van elektrolyse in de aanlandregio's van windenergie op zee. De eerste uitkomsten van de analyse van verschillende opties wordt in het najaar 2022 verwacht.

15.3 Onshore elektrolyse

Om de verhoogde doelstelling van ca. 21 GW windenergie op zee rond 2030 van het kabinet te realiseren is meer (flexibele) vraag bij de aanlandlocaties nodig. Elektrolyse kan hier een belangrijke rol in spelen. Daarom is het van belang om te borgen dat er tijdig voldoende ontwikkelmogelijkheden zijn voor elektrolyse op deze locaties.

Ook om de geproduceerde waterstof uit de elektrolyse aan verwachte Europese duurzaamheids-eisen te laten voldoen, is het van belang om de realisatie van elektrolyseprojecten te laten aansluiten op het tijdsplan waarin de windparken in bedrijf komen. Als de Europese Commissie het gebruik van hernieuwbare elektriciteit uit nieuwe, ongesubsidieerde wind- en zonneparken als voorwaarde stelt, dan is offshore-wind namelijk de belangrijkste bron voor productie van hernieuwbare waterstof.

Guidehouse heeft in maart 2022 een onderzoek opgeleverd⁹⁶ waarin beleidsopties voor de uitrol van WoZ na 2030 werden aangegeven. Hierbij zijn de volgende instrumenten als mogelijkheden aangedragen: 1) het gecoördineerd tenderen van WoZ en waterstofelektrolyse: 2 losse tenders maar wel in samenhang met elkaar, en 2) de zogenaamde combi-tenders: één geïntegreerde tender. In de Kamerbrief over Windenergie Op Zee 2030-2050 wordt op basis van deze analyse geconcludeerd dat het gecoördineerd realiseren van windenergie op zee en waterstof nodig is. Daarbij is opgemerkt dat er in samenspraak met de stakeholders in industriële clusters wordt gekeken naar hoe de coördinatie op de locaties van grootschalige elektrolyse kan worden vormgegeven in samenhang met de geplande windparken die daar aanlanden. Voor de komende WOZ-tenders lijken er voldoende elektrolyseprojecten in ontwikkeling nabij aanlandingspunten om ervoor te zorgen dat de extra windstroom daadwerkelijk gebruikt kan worden. Indien de ontwikkeling van deze elektrolyseprojecten toch niet goed aansluit bij de momenten en locatie van aanlanding van nieuwe offshore windparken, is aanvullende (ruimtelijke) sturing nodig. De coördinatie taak die bij de overheid ligt is om te volgen of deze geplande elektrolyse voldoende is en ook daadwerkelijk tot ontwikkeling kan komen. Hierbij is het belangrijk dat de benodigde infrastructuur er tijdig is, er voldoende ruimte is voor de benodigde projecten en het opschalingsinstrumentarium voor elektrolyse helder is. Of het bovenop de bovengenoemde coördinatie nog voor- of nadelen biedt om ook in de tenders van windparken op zee een directe koppeling te leggen met waterstofproductie (combi-tendering), wordt nader bekeken.

Vanuit het NWP worden de resultaten via de monitoring inzichtelijk gemaakt.

15.4 Offshore elektrolyse

Offshore elektrolyse is interessant vanuit het ruimtebeslag en de kosten van het transport (in waterstofleidingen kan meer vermogen worden getransporteerd en hergebruik is mogelijk), flexibiliteit en ontlasting van het hoogspanningsnet. Hierbij spelen veel technische en economische onzekerheden; de technologie staat nog in de kinderschoenen en zal dus met name na 2030 impact hebben op de realisatie van windenergie op zee. Tot en met 2030 zal deze nieuwe techniek opgeschaald moeten worden. In 'Alles uit de kast' is verkend onder welke voorwaarden het mogelijk is om deze opschaling zo snel mogelijk te doen en mogelijk al vóór of in 2030 grootschalige elektrolyse op zee te realiseren.

96 Policy options offshore wind 2040, Guidehouse, maart 2022

Het rapport geeft 3 aanbevelingen:

1. Het is technisch mogelijk om in 2030 te komen tot realisatie van windprojecten met offshore waterstofproductie op Gigawatt-schaal. Op basis van de ambities van marktpartijen hanteren we als werkhypothese nu 2 GW in 2030, oftewel 9 TWh-equivalent⁹⁷. Om dit in 2030 te realiseren, moeten innovatiepartijen, producenten van elektrolyzers, infrabeheerders, overheid en projectontwikkelaars wel een actiesnelheid en een mate van onderlinge afstemming ontwikkelen die verder gaat dan wat ze gewend zijn. Zo zullen er bijvoorbeeld commercieel haalbare investeringsbeslissingen genomen moeten worden over technologie die op dat moment nog niet volledig bewezen is op zee. Extra onzekerheid hierbij is nog in hoeverre er ecologische ruimte is voor deze extra capaciteit. Het advies is daarom om in het Noordzee-Overleg opdracht te starten met de ruimtelijke verkenning en het benodigde ecologische onderzoek in voorbereiding op de mogelijke aanwijzing van extra kavels.⁹⁸
2. Een Routekaart Waterstof Op Zee 2030 zal op korte termijn gemaakt moeten worden om de onderlinge samenhang van activiteiten af te stemmen en te borgen. Deze verdient nadere uitwerking en bredere buy-in van relevante partijen dan wat de subgroep in beperkte tijd kon bewerkstelligen. Afstemming met activiteiten in het buitenland is hierbij ook essentieel.
3. Parallel aan het uitwerken van de Routekaart wordt geadviseerd om in 2022 een aantal acties op te pakken:
 - Stel als overheid een concreet doel voor waterstofproductie in 2030 (met een doel van 2 GW op zee) en start de ruimtelijke verkenning en het benodigde ecologische onderzoek in voorbereiding op de mogelijke aanwijzing van extra kavels (bovenop de 21 GW voor 2030, expliciet voor waterstof op zee).
 - Breed pre-competitief innovatieprogramma om snel en met elkaar/in consortia te leren. Het verdient de voorkeur om dit innovatieprogramma missiegedreven te maken met een sterke koppeling/sturend aan MOOI/Groefonds en innovatiekavels (de innovatie-elementen uit niet-gegunde tenderaanbiedingen kunnen hierin opgenomen worden).

De aanbevelingen uit het rapport zijn ambitieus en kennen daarmee ook onzekerheden. Of elektrolyse op Gigawatt-schaal daadwerkelijk mogelijk is vóór of in 2030 vergt nadere uitwerking. De komende jaren zal door middel van het juiste beleid en demonstratieprojecten de ontwikkeling van deze techniek ondersteund moeten worden, zoals ook in de Kamerbrief over Windenergie Op Zee 2030-2050 is aangekondigd. Ook het Programma Energiesysteem volgt deze ontwikkeling. Vanuit het NWP worden de resultaten via de monitoring inzichtelijk gemaakt.

15.5 Koppeling met andere thema's

De innovatieopgave voor elektrolyse is groot, zowel voor onshore als offshore elektrolyse. Er zijn nog talloze technologische vraagstukken, omdat we nog geen ervaring hebben met grootschalige elektrolyse. Tegelijk is de tijd tot 2030 bijzonder kort. Dit kan daarom alleen slagen met een breed langjarig pre-competitief innovatie- en ontwikkelingsprogramma om snel en met elkaar/in consortia te leren. Op deze wijze maken we grootschalige offshore elektrolyse mogelijk in 2030. Daarbij kan de opschaling snel gaan. Bijvoorbeeld bij windturbine-geïntegreerde elektrolyzers kan na een eerste pilotproject van 5-10 turbines van 14 megawatt (MW) als vervolgstap al opschaling plaatsvinden richting Gigawatt-schaal. Het is hierbij van belang om grote onshore en offshore pilots (innovatiekavels) ruimte te geven om technologie te demonstreren en ervaring op te doen met wat wel en niet werkt. De Nederlandse maakindustrie kan een sterke rol spelen bij het ontwikkelen en demonstreren van nieuwe offshore technologieën om deze later ook internationaal toe te passen. Daarnaast dient in het innovatieprogramma voldoende aandacht

⁹⁷ 2 GW windcapaciteit op zee komt overeen met circa 9 TWh elektriciteit. Wanneer deze offshore wordt omgezet in waterstof vervangt die circa 9 TWh aan elektriciteitsvraag die anders nodig zou zijn voor waterstofproductie

⁹⁸ Het Noordzee-overleg gaat niet over het aanwijzen van nieuwe gebieden, want het aanwijzen van windenergie-gebieden gebeurt in het Programma Noordzee van het Rijk. Hiervoor is inmiddels een Partiële Herziening gestart om nieuwe gebieden voor na 2030 aan te wijzen

te zijn voor systeemintegratie en ecologische aspecten. De huidige tendersystematiek voor offshore wind draagt hier al aan bij, door de selectie op kwaliteit gecombineerd met criteria als systeemintegratie en ecologie. Maar ook het potentieel van goede innovatievoorstellen kan worden verzilverd in niet-geselecteerde projecten door deze ideeën op te nemen in de uitvraag van volgende tenders of van nieuw te ontwikkelen innovatiekavels. Het verdient de voorkeur om dit innovatieprogramma missiegedreven te maken met een sterke koppeling of sturend aan MOOI/Groiefonds en innovatiekavels. Zet voor de innovatie sterk in op internationale samenwerking met onze buurlanden Duitsland, Frankrijk, Denemarken, Verenigd Koninkrijk en België.

Vanuit de overtuiging dat waterstofproductie op zee een belangrijke rol zal spelen in het energiesysteem van de toekomst, wordt op dit moment door technologieleveranciers gewerkt aan de ontwikkeling van oplossingen die daarvoor nodig zijn. Niet alle technologie is nieuw, maar de ervaring is nog beperkt, zeker voor offshore toepassing. Om het tijdspad tot 2030 te halen met Gigawatt-schaal offshore conversie, rest een periode van 8 jaar. De noodzakelijke activiteiten en besluitvormingsprocedures op de route naar de uitvoeringsfase overlappen deels. Dat geeft risico's voor de toeleverende industrie, de offshore bedrijfstak en de overheid. Politieke keuzes, samenwerking in de keten en korte (tender)procedures zijn daarom noodzakelijk vanaf nu om vooral in de eerstvolgende jaren duidelijkheid te scheppen.

De aanleg van infrastructuur is haalbaar binnen deze tijdsplanning. Het ligt niet op het kritische tijdspad, mits tijdig wordt gestart met de ruimtelijke procedures hiervoor en met de opdrachtverlening voor nieuwbouw en ombouw. Aanleg van nieuwe waterstofleidingen duurt indicatief 5 tot 6 jaar, inclusief vergunningverlening. Hergebruik van bestaande buisleidingen duurt indicatief 2,5 tot 3 jaar, inclusief hercertificering. Hergebruik van bestaande leidingen vereenvoudigt de aanlanding en verlaagt de kosten, mits er zicht is op het vrijkomen van de leiding voor waterstof binnen redelijke termijn. De infrastructuur voor waterstoftransport op zee zal op termijn een vitaal karakter hebben in de Nederlandse energievoorziening en gebruikt worden door meerdere windparken op zee en voor internationaal transport. Dit maakt dat de regulering van deze infrastructuur moet borgen dat non-discriminatoire toegang, veiligheid, samenhang met elektrische infrastructuur en tijdige realisatie geborgd is. Er wordt momenteel door EZK gekeken of een rol van een Hydrogen Network Operator (HNO) hiervoor nodig is. Gezien de verwachte sterke groei van offshore elektrolyse is het verstandig te kiezen voor een grote diameter offshore waterstofleiding die toekomstbestendig is. Een masterplan voor een offshore transportnet specifiek voor waterstof, met publieke regie en sturing, is gewenst. Mogelijkheden voor offshore systeemintegratie kunnen hierin worden meegewogen. Het ligt voor de hand om toe te werken naar een waterstofringleiding, omdat daar meerdere windgebieden mee kunnen worden ontsloten, de betrouwbaarheid wordt vergroot en de verbinding kan worden gemaakt met toekomstige energiehubs, opslag en interconnectie.

Afkortingen

ACM	=	Autoriteit Consument & Markt
ATR	=	Autothermal Reforming
BEV	=	batterij-elektrisch voertuig
BZK	=	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
CAPEX	=	CAPital Expenditures, kapitaaluitgaven
CCR	=	Centrale Commissie voor de Rijnvaart
CCS	=	Carbon Capture & Storage, afvang en opslag van CO ₂
CES	=	Cluster Energie Strategie
DRI	=	Direct Reduced Iron, direct gereduceerd ijzer
EBN	=	Energie Beheer Nederland
ETS	=	Emission Trade System, emissiehandelsysteem
EU	=	Europese Unie
EZK	=	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
FCEV	=	fuel cell electric vehicle, brandstofcel-elektrisch voertuig
GW	=	Gigawatt
HCA	=	Human Capital Agenda
HNO	=	Hydrogen Network Operator
HNS	=	Hynetwork Services
HRS	=	Hydrogen Refuelling Station, waterstof tankstation
I en W	=	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
IMO	=	Internationale Maritieme Organisatie
IMVO	=	Internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen
IPCEI	=	Important Projects of Common European Interest
LCV	=	light commercial vehicle, lichte bedrijfswagen
LNV	=	ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
LOHC	=	Liquid Organic Hydrogen Carriers, vloeibare organische waterstofdrager
MIEK	=	Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat
MKB	=	midden- en kleinbedrijf
MW	=	Megawatt
NIPV	=	Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
NWBA	=	Nederlandse Waterstof en Brandstofcel Associatie
NWO	=	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
NWP	=	Nationaal Waterstof Programma
OEM	=	Original Equipment Manufacturer
OPEX	=	OPerational Expenditures, operationele uitgaven
OV	=	openbaar vervoer
PEH	=	Programma Energie Hoofdstructuur
PJ	=	petajoule
PPA	=	Power Purchase Agreement, stroomafnameovereenkomst
PPS	=	publiek-private samenwerking
PV	=	personal vehicle, personenauto
P VAWOZ	=	Programma verbindingen aanlanding wind op zee (VAWOZ) - 2031-2040
R&D	=	Research & Development
RED II	=	Renewable Energy Directive, richtlijn hernieuwbare energie
RES	=	Regionale Energie Strategie
RFNBO	=	Renewable Fuels of Non-Biological Origins, hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong
TKI	=	Topconsortia voor Kennis en Innovatie
TRL	=	Technology Readiness Levels
TSE	=	Topsector Energie
TSN	=	Tata Steel Nederland

TWh	=	terawattuur
VAWOZ	=	Verkenning Aanlanding Wind Op Zee 2030
WKK	=	warmtekrachtkoppeling
WoZ	=	Windenergie op Zee
WVIP	=	Waterstof Veiligheid Innovatie Programma

Deelnemende organisaties

Deelnemende organisaties Cross Sectorale Werkgroep Waterstof (CSWW)

Differ: Dutch Institute
for Fundamental Energy
Research
Energie Nederland
FME: Federatie voor metaal
en elektrotechnische
industrie
Gasunie
GroenvermogenNL
H2-Platform
IPO: Inter Provinciaal Overleg
Ministerie van Economische
Zaken en Klimaat
Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat
Ministerie van Binnenlandse
Zaken en Koninkrijksrelaties
Natuur en Milieu
Nederlandse Vereniging voor
Duurzame Energie
Netbeheer Nederland
Port of Rotterdam
RAI-vereniging: Rijwiel en
Automobiël Industrie
TenneT
TKI Nieuw Gas
TNO: Nederlandse
Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek
VNCI: Koninklijke Vereniging
van de Nederlandse
Chemische Industrie
VEMW: Vereniging voor
Energie, Milieu en Water

Deelnemende organisaties themagroep Productie

Air Liquide
Deltalinqs
Eneco
Energie Nederland
Engie
Essent
Gasunie

H2- platform
IPO: Inter Provinciaal Overleg
Ministerie van Economische
Zaken en Klimaat
Natuur en Milieu
Nouryon
NVDE: Nederlandse
Vereniging voor Duurzame
Energie
Orsted
Port of Rotterdam
RVO: Rijksdienst Voor
Ondernemend Nederland
RWE
Rijkswaterstaat
Shell
Smart Delta Resources
TNO: Nederlandse
Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek
VEMW: Vereniging voor
Energie, Milieu en Water
Vertogas
VNCI: Koninklijke Vereniging
van de Nederlandse
Chemische Industrie

Deelnemende organisaties themagroep Import

Air Products
CIEP energy Transition bv
Gasunie
H2- platform
Port of Rotterdam
ISPT: Institute for Sustainable
Process Technology
North Sea Port
Port of Amsterdam
RVO: Rijksdienst Voor
Ondernemend Nederland
TNO: Nederlandse Organisatie
voor toegepast-natuur-
wetenschappelijk onderzoek
Ministerie van Buitenlandse
Zaken
Ministerie van Economische
Zaken en Klimaat

VNCI: Koninklijke Vereniging
van de Nederlandse
Chemische Industrie
Yara
VOPAK

Deelnemende organisaties themagroep Infrastructuur en Opslag

EBN: Energie Beheer
Nederland
Gasterra
Gasunie
H2 platform
KVGN: Koninklijke Vereniging
van Gasfabrikanten in
Nederland
Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat
Ministerie van Economische
Zaken en Klimaat
Netbeheer Nederland
Nobian
North Sea Port
Port of Amsterdam
Port of Rotterdam
Provincie Limburg
Provincie Overijssel
Provincie Zuid-Holland
TNO: Nederlandse
Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek

Deelnemende organisaties themagroep Veiligheid

H2 Platform
NIPV: Nederlands Instituut
Publieke Veiligheid
NEN: Nederlands
Normalisatie Instituut
Netbeheer Nederland
Rijkswaterstaat
Safety Delta
TNO: Nederlandse
Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

**Deelnemende organisaties
themagroep Mobiliteit**

Air Liquide
Air Products
BioMCN
Darel
EICB : Expertises-en Innovatie Centrum Binnenvaart
Kenniss- en innovatiecentrum ElaadL
H2-Platform
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
IPO: Inter Provinciaal Overleg
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Natuur & Milieu
RAI-vereniging: Rijwiel en Automobiël Industrie
RVO: Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland
Shell
TLN: Transport en Logistiek Nederland
VDL-groep
Volvo
Waterstofnet

**Deelnemende organisaties
themagroep Industrie**

BP
Dow
Gasunie
Port of Rotterdam
Natuur en Milieu
Nouryon
NVDE: Nederlandse Vereniging voor Duurzame Energie
OCI: Orascom Construction Industries
H2-Platform
RVO: Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland
Shell
Smart Delta Resources
Tata
TNO: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
VNCI: Koninklijke Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie
Yara

**Deelnemende organisaties
themagroep Innovatie**

TKI Nieuw Gas
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Deelnemende organisaties
themagroep Maakindustrie**

NWBA: Nederlandse Waterstof en Brandstofcel Associatie
FME: Federatie voor metaal en elektrotechnische industrie
ECCM: Platform Elektro Chemische Conversie & Materialen
IPO: Inter Provinciaal Overleg
VDL-groep
Oost NL
TNO: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
Gemeente Rotterdam
Stedin
tbrm group
Ekinetix
ISPT: Institute for Sustainable Process Technology
Technipenergies
Innovation Quarter
H2-Platform

**Deelnemende organisaties
themagroep Maatschappelijke Acceptatie**

Gasunie
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Natuur en Milieu
Rijkswaterstaat

**Deelnemende organisaties
themagroep Gebouwde Omgeving**

H2-Platform

NIPV: Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
TNO: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
NEN: Nederlands Normalisatie Instituut
Techniek NL
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Netbeheer Nederland
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

**Deelnemende organisaties
themagroep Human Capital Agenda**

TKI Nieuw Gas
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Deelnemende organisaties
themagroep Elektriciteits-opwekking**

Eneco
Energie Nederland
Engie
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Gasunie
IPO: Inter Provinciaal Overleg
Nobian
NVDE: Nederlandse Vereniging voor Duurzame Energie
RWE Nederland
Natuur en Milieu
TenneT
TNO: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
Vattenfall

**Alle deelnemende
organisaties**

Air Liquide
Air Products
BioMCN
CIEP energy transition bv
Darel
Deltalinqs
Differ: Dutch Institute for Fundamental Energy Research

Dow Chemical
 EBN: Energie Beheer
 Nederland
 ECCM: Platform Elektro
 Chemische Conversie &
 Materialen
 EICB: Expertise- en Innovatie
 Centrum Binnenvaart
 Ekinetix
 Eneco
 Energie Nederland
 Engie
 Essent
 FME: Federatie voor metaal
 en elektrotechnische
 industrie
 Gasterra
 Gasunie
 Gemeente Rotterdam
 H2-Platform
 Innovation Quarter
 IPO: Inter Provinciaal Overleg
 ISPT: Institute for Sustainable
 Process Technology
 Kennis- en innovatiecentrum
 ElaadNL
 KVGn: Koninklijke Vereniging
 van Gasfabrikanten in
 Nederland
 Ministerie van Binnenlandse
 Zaken en Koninkrijksrelaties
 Ministerie van Buitenlandse
 Zaken

Ministerie van Economische
 Zaken en Klimaat
 Ministerie van Infrastructuur
 en Waterstaat
 Ministerie van Landbouw,
 Natuur en Voedselkwaliteit
 Natuur en Milieu
 NEN: Nederlands
 Normalisatie Instituut
 Netbeheer Nederland
 NIPV: Nederlands Instituut
 Publieke Veiligheid
 Nobian
 North Sea Port
 Nouryon
 NVDE: Nederlandse
 Vereniging voor Duurzame
 Energie
 NWBA: Nederlandse
 Waterstof en Brandstofcel
 Associatie
 OCI: Orascom Construction
 Industries
 Oost NL
 Orsted
 Platform H2
 Port of Amsterdam
 Port of Rotterdam
 RAI-vereniging: Rijwiel en
 Automobiel Industrie
 RVO: Rijksdienst Voor
 Ondernemend Nederland
 RWE Nederland

Rijkswaterstaat
 Safety Delta
 Shell
 Smart Delta Resources
 Stedin
 Tata
 tbrm group
 Technipenergies
 TenneT
 TKI Nieuw Gas
 TLN: Transport en Logistiek
 Nederland
 TNO: Nederlandse
 Organisatie voor toegepast-
 natuurwetenschappelijk
 onderzoek
 Vattenfall
 VNCI: Koninklijke Vereniging
 van de Nederlandse
 Chemische Industrie
 VDL-groep
 VEMW: Vereniging voor
 Energie, Milieu en Water
 Vertogas
 Volvo
 VOPAK
 Waterstofnet
 WVIP: Waterstof veiligheid
 Innovatie Programma
 Yara

Bronnenlijst

Deze bronnenlijst is gebaseerd op de voetnoten in de tekst. Daar waar geen bronnen vermeld staan in de voetnoten, staan deze (uiteraard) ook niet in deze bronnenlijst. Als een bron meerdere keren voorkomt, wordt verwezen naar de eerste vermelding.

1. Klimaatakkoord, zie:
<https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord-hoofdstuk-waterstof>
2. Website Nationaal Waterstof Programma, zie:
<https://nationaalwaterstofprogramma.nl>
3. Werkplan Nationaal Waterstofprogramma 2022-2025, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/jaarplannen/2021/07/07/werkplan-nationaal-waterstof-programma-2022-2025>
4. Coalitieakkoord VVD, D66, CDA en ChristenUnie, januari 2022, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/01/10/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>
5. PowerPoint 'Overview of Hydrogen Projects in the Netherlands', TKI Nieuw Gas, Topsector Energie, zie: <https://bit.ly/3sBn4Jn>
6. Kamerbrief Contouren Nationaal Plan Energiesysteem, juni 2022, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/06/10/contouren-nationaal-plan-energiesysteem>
7. Dashboard klimaatbeleid, Rijksoverheid, zie:
<https://dashboardklimaatbeleid.nl>
8. Alleen tekst in de voetnoot
9. Alleen tekst in de voetnoot
10. Nederland als waterstofkoploper, actieplan VVD en D66, april 2022, zie:
<https://www.vvd.nl/content/uploads/2022/04/Nederland-waterstof-koploper.pdf>
Alles uit de kast, rapportage Uitvoeringsoverleg Elektriciteit, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/04/22/rapport-alles-uit-de-kast-eindrapportage-werkgroep-extra-opgave>
11. Alleen tekst in de voetnoot
12. Alleen tekst in de voetnoot
13. Commission Staff Working document 'Implementing the RepowerEU action plan: Investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets', mei 2022, betreft figure 4, zie:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>
14. EU Emissions Trading System, EU-ETS, zie:
https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
15. Alleen tekst in de voetnoot
16. Zie 6.
17. Zie 10.
18. Scenariostudie 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050', Berenschot en Kalavasta, maart 2020, zie: https://www.berenschot.nl/media/hl4dygfg/rapport_klimaatneutrale_energiescenario_s_2050_2.pdf
Scenariostudie 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050', Berenschot en Kalavasta, december 2020, zie:
<https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2020/12/11/kalavasta-waterstof-in-scenarios>
19. Terugblik kennissessie 'Delegated acts bij de RED II', juni 2022, zie:
<https://nationaalwaterstofprogramma.nl/actueel/nieuws/2229843.aspx?t=Terugblik-kennissessie-'delegated-acts'-1-juni>
20. Hydrogen in North-Western Europe, a vision towards 2030, april 2021, zie:
<https://www.iea.org/reports/hydrogen-in-north-western-europe>

21. Alleen tekst in de voetnoot
 22. Alleen tekst in de voetnoot
 23. IPCEIs on hydrogen, Europese Commissie, zie:
https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/hydrogen/ipceis-hydrogen_en
 24. Alleen tekst in de voetnoot
 25. Partners for International Business-programma (PIB), RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/pib>
 26. Ketenstudie omgevingsveiligheid van duurzame waterstofrijke energiedragers, ministerie van IenW, december 2021, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/12/02/bijlage-1-eindrapport-ketenveiligheid-waterstofdragers>
 27. Alleen tekst in de voetnoot
 28. Website International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, zie:
<https://www.iphe.net>
 29. Website Clean Energy Ministerial, Hydrogen Initiative, zie:
<https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/hydrogen-initiative>
 30. Website Mission Innovation, zie:
<http://mission-innovation.net/our-work/innovation-challenges/renewable-and-clean-hydrogen>
 31. Kamerbrief over ontwikkeling transportnet voor waterstof, juni 2022, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/06/29/ontwikkeling-transportnet-voor-waterstof>
 32. Kamerbrief over aanpak project Delta Corridor, februari 2022, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/02/18/kamerbrief-over-aanpak-project-delta-corridor>
 33. Zie 32.
 34. Alleen tekst in de voetnoot
 35. Alleen tekst in de voetnoot
 36. Kamerbrief resultaten onderzoek haalbaarheid ondergrondse waterstofopslag op zee, juli 2022, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/07/08/resultaten-haalbaarheid-ondergrondse-waterstofopslag-op-zee>
 37. Alleen tekst in de voetnoot
 38. Alleen tekst in de voetnoot
 39. Alleen tekst in de voetnoot
 40. Alleen tekst in de voetnoot
 41. Alleen tekst in de voetnoot
 42. Alleen tekst in de voetnoot
 43. Alleen tekst in de voetnoot
 44. Alleen tekst in de voetnoot
 45. Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden, Roland Berger, 2021, zie:
<https://www.fnv.nl/getmedia/91110cd9-b455-4025-96e6-5387dbb8f98d/Eindrapport-klimaatneutrale-paden-Tata-Steel-Nederland-211118.pdf>
 46. Alleen tekst in de voetnoot
 47. Alleen tekst in de voetnoot
 48. Rapport 'LCA drie typen personenauto's', CE Delft, juli 2020, zie:
<https://ce.nl/publicaties/lca-drie-typen-personenautos-een-vergelijking-van-een-benzineauto-batterij-elektrische-auto-en-waterstofauto>
- Analyse Rapport CE Delft namens Enpuls 'LCA drie typen personenauto's', Ekinetix, Martijn van der Star, Jaco Reijerkerk, juli 2020, zie:
<https://bit.ly/3MVmgZ0>
49. H2-platform en RAI: voordelen H2-mobiliteit voor kosten netinfrastructuur, zie:
<https://opwegmetwaterstof.nl/h2-platform-en-rai-voordelen-h2-mobiliteit-voor-kosten-netinfrastructuur>

50. Alleen tekst in de voetnoot
51. Rapport 'WDB Action programmeNL', maart 2021, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/03/08/bijlage-1-wdb-action-programme-nl>
52. Alleen tekst in de voetnoot
53. Alleen tekst in de voetnoot
54. Studie over de energietransitie naar een emissievrije Europese binnenvaartsector, CCR, zie:
<https://www.ccr-zkr.org/12080000-nl.html>
55. Alleen tekst in de voetnoot
56. Alleen tekst in de voetnoot
57. Klimaat- en energieverkenning, 2021, zie:
<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-klimaat-en-energieverkenning-2021-4681.pdf>
58. Annual market update, TenneT, 2021, zie:
https://tennet-drupal.s3.eu-central-1.amazonaws.com/default/2022-07/Annual_Market_Update_2021_0.pdf
59. RWE neemt 1.4 gigawatt energiecentrale over van Vattenfall, zie:
<https://benelux.rwe.com/pers/2022-06-02-rwe-neemt-1-4-gigawatt-energiecentrale-over-van-vattenfall>
Maxima-centrale geschikt voor waterstof en de toekomst, zie:
<https://www.engie.nl/over-ons/kennisbank/nieuws/210622-maxima-geschiedt-voor-waterstof>
60. Voetnoot ontbreekt
61. Kamerstuk herziening Herziening EU ETS, herziening MSR, september 2021, zie:
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-22112-3193.html>
62. Waterstof: een overzicht van relevante Nederlandse en diverse internationale organisaties, projecten en activiteiten, Topsector Energie, februari 2022, zie:
<https://bit.ly/3sjs5Wx>
63. Hydrogen Strategy, Europese Commissie, zie:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
64. Fit-for-55-pakket, zie:
<https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition>
65. Rapport '50% green hydrogen for Dutch industry', CE Delft en TNO, zie:
https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/03/CE_Delft_210426_50_percent_green_hydrogen_for_Dutch_industry_FINAL.pdf
66. Kamerbrief over ordening en ontwikkeling waterstofmarkt, december 2021, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/12/10/kamerbrief-over-marktordering-en-marktontwikkeling-waterstof>
67. Kamerbrief over voortgang ordening en ontwikkeling waterstofmarkt, juni 2022, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/06/29/voortgang-ordening-en-ontwikkeling-waterstofmarkt>
68. Website Nationaal Groeifonds, zie:
<https://www.nationaalgroeifonds.nl>
69. Website GroenvermogenNL, zie:
<https://www.groenvermogennl.org>
70. Verkenning risico's van de energietransitie voor de nationale veiligheid, Analistennetwerk Nationale Veiligheid, 2019, zie:
<http://publications.tno.nl/publication/34634290/fl1vf5/ANV-2019-verkenning.pdf3>
71. Alleen tekst in de voetnoot
72. Richtlijnen voor veilig omgaan met waterstof, RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/richtlijnen-waterstof>
73. Ons werk rond veiligheid (WVIP), H2-Platform, zie:
<https://opwegmetwaterstof.nl/ons-werk-rond-veiligheid-wvip>
74. Website HyDelta, zie:
<https://hydelta.nl>

75. NIPV Waterstof, zie:
<https://nipv.nl/waterstof>
76. Netbeheer Nederland, dossier waterstof, zie:
<https://www.netbeheernederland.nl/dossiers/waterstof-56/documenten>
77. Waterstof voor de energietransitie, Topsector Energie, zie:
<https://bit.ly/3TLKeIg>
78. Energiebuffer Zuidwending: Project Hystock Waterstofopslag, RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/zuidwending>
79. Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied, RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/waterstofnetwerk-nzkg>
80. Programma Energiehoofdstructuur, RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/peh>
81. Programma verbindingen aanlanding wind op zee, RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/vawoz/vawoz-2031-2040>
82. Kamerbrief over nationale regie in de ruimtelijke ordening, mei 2022 zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/05/17/kamerbrief-over-nationale-regie-in-de-ruimtelijke-ordening>
83. Programma Infrastructuur Duurzame Industrie, Rijksoverheid, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2021/05/20/programma-infrastructuur-duurzame-industrie-plan-van-aanpak>
84. Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat, Rijksoverheid, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/11/26/meerjarenprogramma-infrastructuur-energie-en-klimaat---overzicht-2021>
85. Kabinet presenteert beleidsprogramma Klimaat, Rijksoverheid, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/06/02/kabinet-presenteert-beleidsprogramma-klimaat>
86. Narratief Klimaat en Energie, LCNK, zie:
<https://www.lcnk.nl/nieuws/2246303.aspx>
87. Website Platform LEO, zie:
<https://www.platformleo.nl>
88. Gedragscode Acceptatie & Participatie Windenergie op Land, NWEA, zie:
<https://www.nwea.nl/gedragscode-wind-op-land>
89. Zie 69.
90. Human Capital Agenda GroenvermogenNL, december 2021, zie:
https://np-groenvermogen-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/Bijlage-2b_HCA-implementatieplan-GroenvermogenNL-dec2021.pdf
91. Planning windenergie op zee 2030 gereed, Rijksoverheid, zie:
<https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/06/10/planning-windenergie-op-zee-2030-gereed>
92. Kamerbrief over windenergie op zee 2030-2050, september 2022, zie:
<https://windopzee.nl/actueel/nieuws/nieuws/kamerbrief-windenergie-zee-2030-2050>
93. Programma verbindingen aanlanding wind op zee, RVO:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/vawoz/vawoz-2031-2040>
94. Zie 10.
95. Verkenning aanlanding wind op zee, RVO, zie:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/vawoz>
96. Alleen tekst in de voetnoot
97. Alleen tekst in de voetnoot
98. Alleen tekst in de voetnoot

