



# Elektrolyzers: Kansen voor de Nederlandse Maakindustrie

Regionale kansenkaart en aanbevelingen voor de ontwikkeling van een Nederlandse productieketen voor elektrolyzers

# Colofon

## Contact TNO:

Lennart van der Burg >  
lennart.vandenburg@tno.nl

## Contact FME:

Marco Kirsenstein >  
marco.kirsenstein@fme.nl

## Projectteam:



Marco Kirsenstein (PL)  
Ronald Stevelink



Roald Suurs (PL)  
Piotr Pukala  
Jeroen de Jonge

## Grafisch ontwerp:

Bureau Fortelle

## Gefinancierd door:

TNO MKB-programma / Branche Innovatie Agenda  
FME innovatiecluster  
Provincie Drenthe (Gert-Jan Evers)  
Provincie Friesland (John Bus)  
Provincie Gelderland (Gerard Taat)  
Provincie Groningen (Luuk Buit)  
Provincie Limburg (Jan-Jaap van Halem)  
Provincie Noord-Brabant (Nicolle Lambrechts)  
Provincie Noord-Holland (Ellen van der Heijden)  
Provincie Overijssel (Asia Golunska)  
Provincie Utrecht (Regina Horbach)  
Provincie Zeeland (John Jansen)  
Provincie Zuid-Holland (Wouter Groenen)

provinsje fryslân  
provincie fryslân 

Provincie Noord-Brabant

provincie Drenthe

 Provincie Noord-Holland




provincie Overijssel



PROVINCIE UTRECHT



provincie Gelderland

provincie limburg 

# Dankwoord:

---

Met dank aan de provincies en hun portefeuille-houders voor hun waardevolle input en kritische terugkoppeling op conceptstukken.

Dank aan de ondernemers en vertegenwoordigers van geraadpleegde bedrijven. Zonder deze waardevolle input zou deze verkenning niet tot stand kunnen zijn gekomen.

Dank met name ook aan de Regionale Ontwikkelingsmaatschappijen die bereid waren om hun kennis en netwerken in te zetten ten behoeve van deze verkenning.

Dank ook aan de volgende personen voor hun uitgebreide inhoudelijke bijdrage:

- Lennart van der Burg (TNO)
- Arend de Groot (TNO)
- Frans van Berkel (TNO)
- Marcel Weeda (TNO)
- Hans van der Spek (FME)
- Marc Leeuw (OostNL)
- Geert van Seggelen (Brainport Development)
- Rogier Blokdijk (FME)

# Inhoudsopgave

# Lijst van technische afkortingen

---

- AE Alkaline Electrolyser
- AEM(E) Anion Exchange Membrane Electrolyser
- BoP Balance of Plant (componentengroep elektrolyser)
- BPP BiPolar Plate (component van elektrolyser)
- GDL Gas Diffusion Layer (component van elektrolyser)
- MEA Membraan-Elektrode-Assembly (component van elektrolyser)
- PEM(E) Proton Exchange Membrane (Electrolyser)
- PTL Porous Transport Layer (component van elektrolyser)
- SOE Solid Oxide Electrolyser
- WE Water-Elektrolyser (elektrolysesysteem bestaande uit meerdere stacks en BoP)

# 1. Introductie

# Elektrolyse: sleutel van de energietransitie, en potentiële groeimarkt voor de Nederlandse maakindustrie.

De productie van 'groene' waterstof vormt, in vrijwel alle beschikbare scenario's, een essentiële rol in een klimaatneutrale economie. Het kan geproduceerd worden door, o.a., inzet van water-elektrolyzers.

In een water-elektrolyser wordt water met behulp van (duurzame) elektriciteit gesplitst in zuurstof en waterstof zonder dat hier CO<sub>2</sub> bij vrij komt. Deze technologie is nog relatief duur vergeleken met fossiele alternatieven en nog niet op grote schaal beschikbaar. Toch is de verwachting dat de vraag naar elektrolyzers binnen nu en 2030 al enorm zal toenemen.

Dit biedt kansen voor Nederlandse bedrijven met kennis en ervaring op het gebied van materialen, componenten, assemblage en integratie. Tegelijkertijd is er sprake van serieuze internationale competitie.

De inzet van deze verkenning is daarom om de Nederlandse maakindustrie te helpen voorsorteren op de verwachte opschaling.

**Terminologie:** In de rest van het document spreken we van 'elektrolyser' of 'elektrolyse' in plaats van de volledige term 'water-elektrolyser' of 'water-elektrolyse' te gebruiken (afgekort WE). Hiermee bedoelen we dus de elektrolyse van zuiver water in waterstof en zuurstof.



# Beoogde impact is om de technologische industrie in Nederland, waaronder vele MKB-bedrijven, te helpen voorsorteren op de kansen die zich voordoen bij de opschaling van het maakproces voor de elektrolyser.

---

Het voornaamste doel van deze verkenning is, om middels een gezamenlijke inspanning van kennisinstellingen, provincies en maakindustrie, de energietransitie te versnellen en tegelijkertijd om de Nederlandse maakindustrie te activeren en te helpen voorsorteren op de economische kansen die dit met zich meebrengt.

Het resultaat is tweeledig:

- Een nationale kanskaart. Deze is toegespitst op de bedrijven en hun (beoogde) positie in de keten van toeleveranciers.
- Een strategische innovatie agenda. Deze biedt zicht op acties, gericht op o.a. kennisontwikkeling, ketenintegratie en marktactivering, die nodig zijn voor het realiseren van deze kansen.

Resultaten zullen worden belicht op het niveau van vier regio's maar de uiteindelijke analyse is met name relevant op het bovenregionale niveau.



Met de Nederlandse technologische (maak)industrie bedoelen we vooral innovatieve bedrijven, jong en oud, uit de traditionele en nieuwe sectoren, maar allemaal met de ambitie en vermogen om de nieuwe marktkansen op te willen pakken.

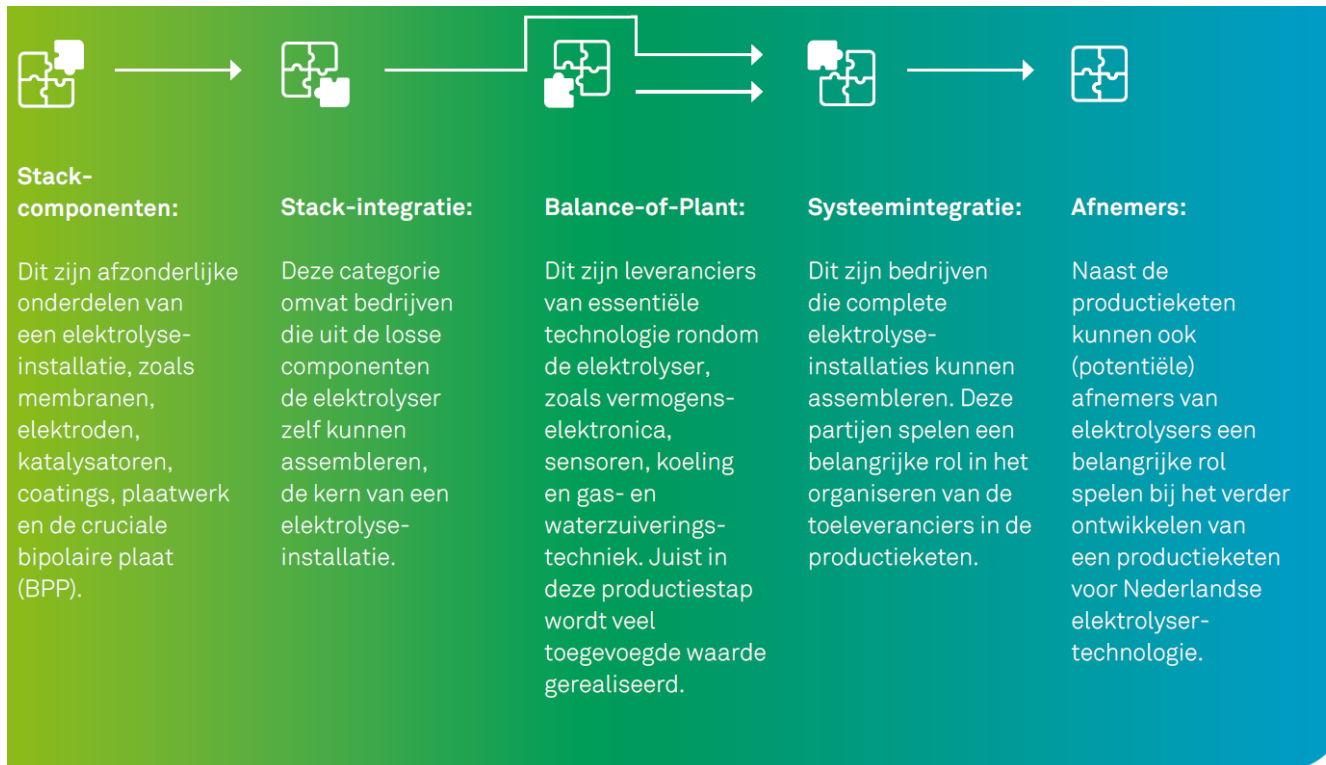


# Doelgroep

Doelgroep van deze verkenning:

- Bedrijven, met name MKB en potentiële nieuwe toetreders
- Bedrijven die willen optreden als systeem-integrator voor grootschalige productie van (componenten voor) elektrolyzers op zoek naar partners voor het opbouwen van hun toeleveringsketen.
- Overheden met een ambitie om regionale en nationale initiatieven aan elkaar te verbinden.

In deze verkenning kiezen we voor volledige focus op de productieketen van de elektrolyser. Het onderstaande schema geeft inzicht in de structuur van de productieketen.



De focus van de verkenning ligt op bedrijven met een vestiging in Nederland en biedt derhalve geen zicht op de internationale context. Dit is van belang omdat innovatie en opschaling van elektrolysetechnologie voor een groot deel bepaald zal worden door ontwikkelingen op internationaal niveau. In die zin moet deze verkenning worden opgevat als een startpunt voor internationale positionering.

## Scoping (1/2): focus op een (potentiële) productieketen in Nederland

Deze studie kan gezien worden als een vervolg op de verkenning 'Kansen voor Nederlandse Waterstof-Economie'. Deze publicatie stelt dat de kansen voor de Nederlandse maakindustrieproductie onder andere liggen op het gebied van componenten van elektrolyzers.

**Bron:** Waterstof: kansen voor de Nederlandse industrie. Met de weblink:

[https://www.fme.nl/system/files/publicaties/import/Waterstof%20Kansen%20voor%20de%20Nederlandse%20industrie\\_HR\\_0.pdf](https://www.fme.nl/system/files/publicaties/import/Waterstof%20Kansen%20voor%20de%20Nederlandse%20industrie_HR_0.pdf)

Er zijn diverse elektrolyse-technologieën beschikbaar. We focussen voor de verkenning alleen op die technologieën die in de komende 5-10 jaar in aanmerking komen voor opschaling. En dan met name in termen van productie (in grote series) en schaal (grote industriële systemen).

Dan hebben we het over de zogenaamde Proton Exchange Membrane (PEM) Elektrolyser en de Alkaline Elektrolyser (AE). De tabel biedt inzicht in de relatieve prestaties van de verschillende technologieën.

De PEM en AE zijn commercieel beschikbaar en klaar voor grootschalige toepassing. Andere technologieën, zoals de Solid Oxide Elektrolyser (SOE) of de Anion Exchange Membrane Elektrolyser (AEM), bevinden zich nog in het R&D-stadium. Deze zijn op langere termijn ook relevant maar voor de meeste bedrijven ligt grootschalige implementatie nog ver voorbij hun investeringshorizon.

**Voor verdere toelichting op de techniek, zie Sectie 3.**



PEM-stacks

Bron afbeelding: Hydron Energy



Alkaline-elektrolyser

Bron afbeelding: ThyssenKrupp

## Scoping (2/2): focus op opschaling van marktrijpe technologie

Relatieve prestaties AE-, PEM- en SOE-electrolyzers			
	1 <sup>ste</sup>	2 <sup>de</sup>	3 <sup>de</sup>
Technologische volwassenheid	AE	PEM	SOE
Efficiëntie	SOE	AE	PEM
Levensduur	AE	PEM	SOE
Responstijd (snel naar traag)	PEM	AE	SOE
Veiligheid	PEM / AE		SOE
Fysieke 'footprint' (van Klein naar groot)	PEM	AE	SOE
Kapitaalkosten (van laag naar hoog)	AE	PEM	SOE

Bron: TNO, 2020

# Aanpak

---

## Stap 1: Uitvraag

Voor de verkenning is een uitvraag gedaan, gericht op bedrijven die mogelijk een rol zouden kunnen spelen bij de productie van elektrolysers. Deze uitvraag is breed uitgezet via FME, TNO alsmede de Provincies en de betrokken Regionale OntwikkelingsMaatschappijen (ROMs). Uiteraard is ook het eerder uitgevoerde onderzoek van Ekinetix hierin meegenomen.

## Stap 2: Interviews

De opbrengst van de uitvraag was een groslijst van 150+ bedrijven. Op basis van desk research en aanvullende input van experts (TNO en FME) is deze lijst teruggebracht tot een selectie van zo'n 80+ bedrijven die in aanmerking kwamen voor een interview. Deze bedrijven hebben we vrijwel allemaal geïnterviewd. (Uitgezonderd bedrijven die we al zo goed kenden dat een interview niets toe zou voegen). Naast bedrijven hebben we gesprekken gevoerd met kennishubs en grote (potentiële) gebruikers van elektrolysers.

## Stap 3: Kansencarta

Op basis van de interviews en aanvullende gesprekken met experts, is een lijst opgesteld met die bedrijven die een relevante kennispositie hebben EN ambities op het gebied van elektrolyser-productie. Deze lijst betreft uitsluitend (potentiële) producenten en enkele eerste afnemers en telt uiteindelijk 72 bedrijven. Daarbij is o.a. onderscheid gemaakt naar de verschillende elementen van de productieketen. Op basis van dit overzicht, en de opgehaalde inzichten en ervaringen, is een kansencarta en strategische innovatie agenda opgesteld.

## Stap 4: Validatie

De resultaten gepresenteerd in deze verkenning zijn op diverse momenten getoetst door deze voor te leggen aan experts, zowel binnen als buiten FME en TNO, en met name ook in de context van vier regiobijeenkomsten waar bedrijven en overheden uit de desbetreffende regio's aanwezig waren. De conclusies en aanbevelingen zijn besproken met zowel interne als externe experts en, waar nodig, aangescherpt.

# Disclaimer

De lijst met bedrijven in dit rapport is tot stand gekomen op basis van een uitgebreide uitvraag en input van experts uit diverse organisaties. De lijst heeft de basis gevormd voor analyse en aanbevelingen, voor het creëren van overzicht en voor het ophalen van inzichten en ervaringen bij bedrijven.

Toch willen we niet de suggestie wekken dat de lijst compleet is. We moeten terughoudendheid in acht nemen waar het gaat om uitspraken over relatieve vertegenwoordiging van bepaalde type bedrijven per provincie. De gevolgde methodiek alsook de totale aantallen lenen zich niet voor dat soort claims.

Het ligt voor de hand dat er meer bedrijven zijn dan die nu in deze verkenning zijn opgenomen. Voor deze groep van bedrijven staat de uitnodiging nog altijd open om ons te benaderen. Zie daarvoor de contactinformatie in het colofon.

# Leeswijzer

In Sectie 2 wordt globaal uiteengezet hoe de markt voor elektrolyzers zich op het moment ontwikkelt en welke partijen hierbij de dominante spelers zijn.

Sectie 3 geeft een basaal inzicht in de werking van de elektrolyser, en biedt overzicht van belangrijkste materialen en componenten. Deze informatie was tijdens het onderzoek van belang voor het uitvragen van bedrijven en is relevant als achtergrondinformatie voor het kunnen begrijpen van de kanskaart en strategische innovatie agenda.

Secties 4 en 5 presenteren de hoofdresultaten van de verkenning, de kanskaart en strategische innovatie agenda:

- De kanskaart geeft het overzicht van Nederlandse bedrijven die een rol kunnen spelen bij de productie van elektrolyzers, met daarbij een analyse over de verschillende Nederlandse regio's.
- De strategische innovatie agenda geeft concreet aan wat er voor nodig is om de kansen voor de Nederlandse maakindustrie te verzilveren.

Ten slotte worden er conclusies en aanbevelingen gegeven in Sectie 6.

Achterin deze publicatie is een bijlage te vinden met daarin de lijst met bedrijven.

## 2. Marktperspectief

In deze sectie wordt globaal uiteengezet hoe de markt voor elektrolyzers zich op het moment ontwikkelt en welke partijen hierbij de dominante spelers zijn.



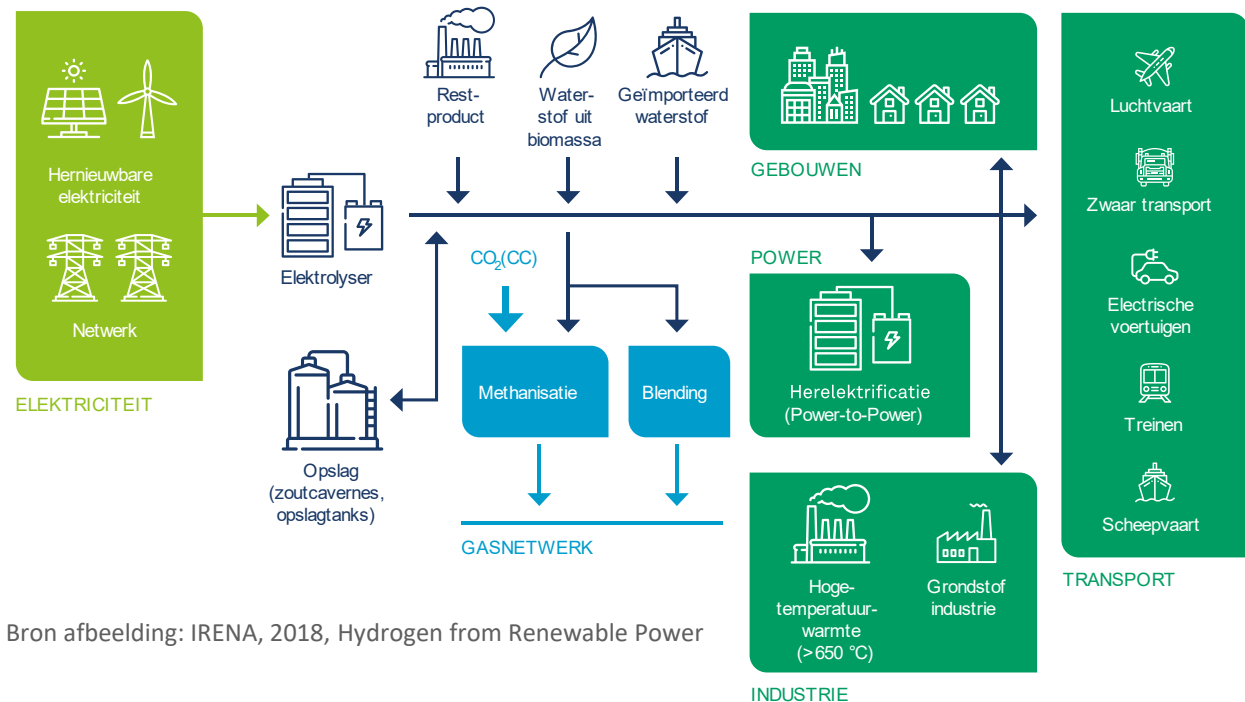
# Waarom waterstof en waarom elektrolyzers?

Bron tekst: Position Paper TNO. Reactie van TNO op de Kabinetsvisie waterstof.

<https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebied-en/energietransitie/roadmaps/naar-co2-neutrale-brand-en-grondstoffen/waterstof-voor-een-duurzame-energievoorziening/tno-over-kabinetsvisie-waterstof-begin-nu/>

Waterstof speelt een centrale rol in de energietransitie om meerdere redenen:

- De splitsing van water met duurzame elektriciteit, waarbij energie wordt vastgelegd in het gas waterstof, biedt de mogelijkheid voor grootschalige opslag van duurzame elektriciteit.
- De elektrolyse-technologie levert een bron van regelbare vraag die vergaande inpassing van variabel aanbod van de duurzame elektriciteit van 'wind' en 'zon' faciliteert.
- Naast de productie van elektriciteit, kan waterstof ingezet worden als vervanger van aardgas, als grondstof voor de chemische industrie en voor de productie van brandstoffen.
- Doordat het is op te slaan en eenvoudiger en goedkoper over grote afstand is te transporteren zal waterstof een rol gaan spelen in toekomstige import en export van wind- en zonne-energie ter vervanging van import en export van fossiele energie.



Bron afbeelding: IRENA, 2018, Hydrogen from Renewable Power

De ontwikkelingen rondom (groene) waterstof worden wereldwijd gekenmerkt door hooggespannen verwachtingen en grote ambities. Deze ambities en verwachtingen worden momenteel vertaald in beleidsplannen en wetgeving. Zo presenteert de Europese Commissie in haar Hydrogen Strategy een doelstelling van 6 GW voor 2024 en 40 GW in 2030. Ter vergelijking, momenteel is er wereldwijd niet meer dan 200 MW aan elektrolyser-capaciteit geïnstalleerd en de toename ligt nog onder de 1 GW per jaar. Om de ambities te helpen verwezenlijken worden door de Europese Commissie tientallen miljarden beloofd voor het stimuleren van de ontwikkeling van water elektrolyzers en honderden miljarden voor de ontwikkeling van zon- en windparken.

Ook in Nederland zijn de verwachtingen opgepikt en vertaald naar doelstellingen. In het Klimaatakkoord wordt gerefereerd aan de opschaling van elektrolyse-capaciteit naar 500 MW in 2020. Het streven voor 2030 is 3-4 GW. Andere Europese landen hebben ook gekwantificeerde doelen voor elektrolyzers, b.v. 5 GW in Duitsland in 2030 volgens de Duitse Nationale Waterstofstrategie.

### Hoeveel is 1 GigaWatt?

Een GigaWatt vermogen is vergelijkbaar met:

- Een groot offshore windpark met honderden van de grootst beschikbare windturbines
- Een internet-datacenter (1-5 GW)
- Elektriciteitsconsumptie van huishoudens in 5-10 grote steden

Een GW elektrolyser kan zo'n 150 kton waterstof produceren. Ter vergelijking, een petrochemisch cluster in Nederland verbruikt honderden kilotonnen waterstof per jaar. De industriële vraag in Nederland ligt rond de 1500 kton.

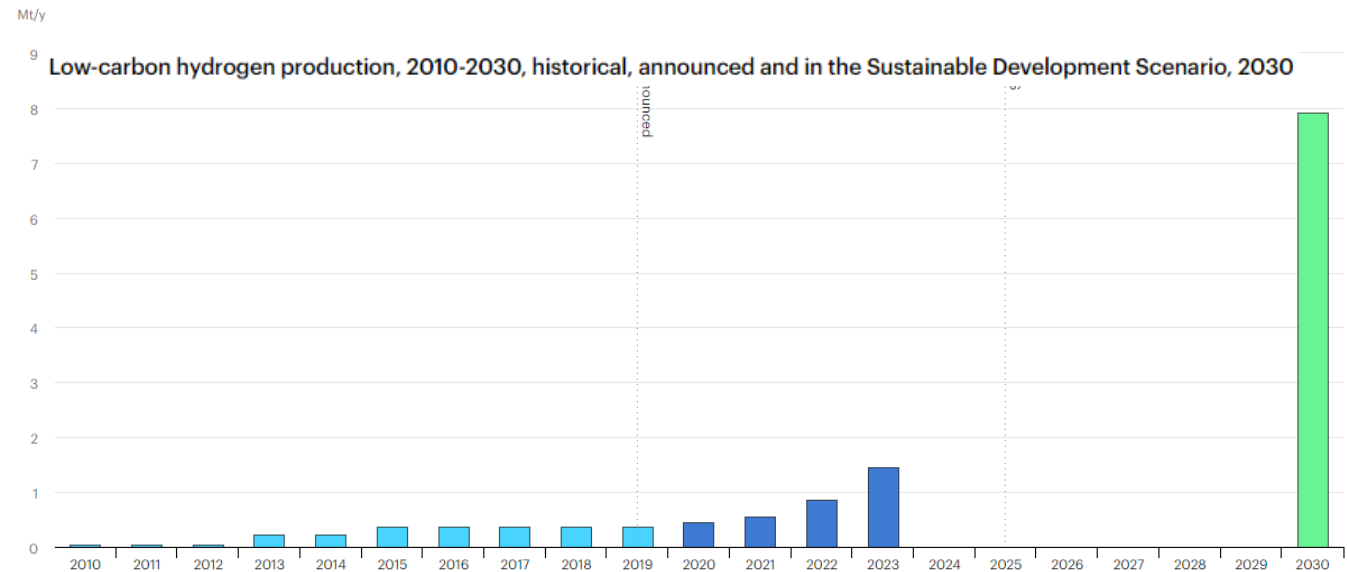
# Ambities en verwachtingen

# Markt- perspectief elektrolyzers

## Relevantebronnen:

- Hydrogen roadmap Europe
- Power roadmap Frontier
- Infrastructure Outlook Tennet
- Dutch Climate Agreement
- Hydrogen demand, Gasunie
- Certifhy report 2015
- IEA hydrogen future, 2020
- EU hydrogen strategy, 2020
- IRENA outlook, 2020

De huidige Europese vraag naar waterstof bedraagt zo'n 7 Mton. Deze wordt voor 80% bepaald door de productie van ammoniak, ten behoeve van kunstmest en olieraffinage. Als gevolg van wereldwijd klimaatbeleid zal de vraag naar waterstof naar verwachting snel toenemen. Deze vraag zal uiteindelijk moeten worden ingevuld met CO<sub>2</sub>-neutrale waterstof.



Bron: [www.iea.org/reports/hydrogen](http://www.iea.org/reports/hydrogen)

IEA. All Rights Reserved

● Historical ● Announced

In termen van elektrolysecapaciteit betekent dit voor de komende tien jaar een opschaling naar tientallen GigaWatts. Naar 2050 toe zal dit volgens huidige plannen richting honderden GigaWatts gaan. Op dit moment is de jaarlijkse capaciteitsgroei minder dan een GW. Het groeipotentieel voor elektrolyzers is dus enorm. Alleen al de Europese markt voor elektrolyzers vertegenwoordigt over de komende tien jaar naar verwachting een waarde van tientallen miljarden euro's. Deze inschatting gaat uitsluitend over de elektrolyzers en staat nog los van indirecte economische effecten die de ontwikkeling van een waterstof-productiesysteem, met het bijbehorende ecosysteem van economische activiteiten, met zich meebrengt.

# Toepassing van groene waterstof als eerste in mobiliteit, het meeste in de industrie.

Bronnen:

CE Delft – Waterstofroutes Nederland

Qua toepassing wijzen de meeste scenario's op de industrie (grootste markt) en de mobiliteitssector (eerste markt) als de belangrijkste domeinen. De hoogste betalingsbereidheid ligt bij mobiliteit, maar deze markt is beperkt door gebrek aan infrastructuur en concurrentie van alternatieven in de vorm van elektrische voertuigen.

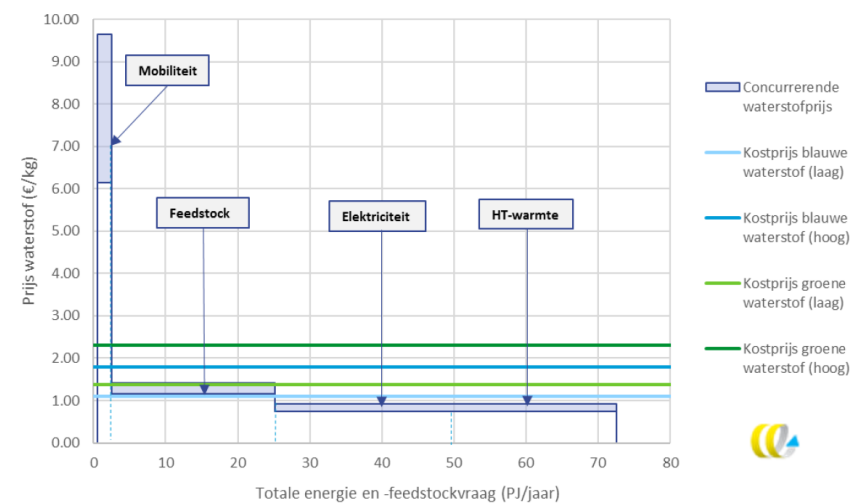
Bij toepassing in de industrie als grondstof ligt de betalingsbereidheid lager (op dit moment onder de kostprijs van groene waterstof) maar kan het potentieel makkelijker worden ontsloten omdat de benodigde infrastructuur al grotendeels aanwezig is.

Voor alle toepassingen geldt dat blauwe waterstof, geproduceerd op basis van aardgas in combinatie met Carbon Capture & Storage (CCS) technologie, een belangrijke 'concurrerende' technologie is. Volgens scenario's van CE Delft zal de kostprijs voor blauwe waterstof in de komende 10-20 jaar zeker nog onder die van groene waterstof liggen.

Beide technieken zijn voor grootschalige implementatie echter nog grotendeels afhankelijk van subsidies en beleidskeuzes dus een zuiver economische vergelijking heeft hier slechts beperkte waarde.

Figuur: Inschatting van de merit order voor haalbare potentieel van waterstoftoepassingen en marginale ketenkosten voor blauwe en groene waterstof in 2030

Bron afbeelding: CE Delft – Waterstofroutes Nederland. 2018



# De huidige productie van elektrolyzers is in handen van een kleine groep bedrijven

Het systeem voor de ontwikkeling en geautomatiseerde productie van elektrolyzers bevindt zich qua ontwikkeling nog in een beginstadium. De marktvolumes zijn laag (MW schaal) en er is slechts (ruimte voor) een handvol bedrijven dat elektrolyzers produceert. De tabel geeft een inzicht in de systeem-integratoren die op dit moment verantwoordelijk zijn voor het leeuwendeel van alle productie. Deze zitten momenteel niet in Nederland.

Bedrijf	Land	Type Technologie
Asahi Kasei	Japan	Alkaline
Hydrogenics (Air Liquide)	US & België	PEM & Alkaline
HydrogenPro / Tianjin H2 Equipment	Noorwegen + China	Alkaline
ITM Power (Linde Engineering)	UK	PEM
McPhy	Frankrijk	Alkaline
Nel	Noorwegen	Alkaline & PEM
Siemens	Duitsland	PEM

Productieprocessen zijn (nog) niet geautomatiseerd (veel handwerk) en de productieketen is nog niet georganiseerd. Om de benodigde kostendaling te realiseren en om de productievolumes naar GW-schaal te brengen, is een innovatieslag nodig, zowel op het niveau van techniek als op het niveau van automatisering en optimalisatie in de keten. Er is dus geenszins spraken van een 'gelopen race'. De situatie biedt kansen voor die bedrijven, gesteund door overheden en andere partijen, die bereid zijn om nu te investeren en voor te sorteren op een koploperspositie.

Tegelijk zijn er risico's. Allereerst staan de concurrenten niet stil. En daarbij is er de noodzaak om infrastructuur en nieuwe (gereguleerde) markten te ontwikkelen. Hier ligt een opgave voor nationale en regionale overheden om passende randvoorwaarden en voorzieningen te creëren.

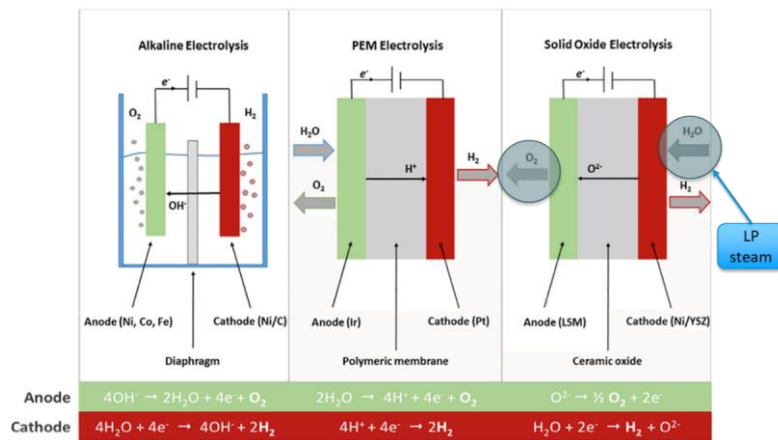
### 3. Technologie

Deze sectie geeft een basaal inzicht in de werking van de elektrolyser, en biedt overzicht van belangrijkste materialen en componenten. Deze informatie was tijdens het onderzoek van belang voor het uitvragen van bedrijven en is relevant als achtergrondinformatie voor het kunnen begrijpen van de kansenkaart en strategische innovatie agenda.

# De technologieën die binnen 5-10 jaar opgeschaald kunnen worden zijn de Alkaline- en de PEM-technologie.

Bron: DNV-GL, TNO - Technologiebeoordeling Groene Waterstof. 2018

- Bij elektrolyse wordt water, onder invloed van elektrische spanning, ontleed in waterstof (H<sub>2</sub>) en zuurstof (O<sub>2</sub>). Het waterstof zet zich op de kathode af, terwijl zuurstof wordt gevormd op de anode. Om de elektrische lading te kunnen uitwisselen, wordt er gebruik gemaakt van geleidende membranen of diafragma's.



Bron afbeelding: P. Millet, S. Grigoriev, 2013, Water Electrolysis Technologies, in Renewable Hydrogen Technologies

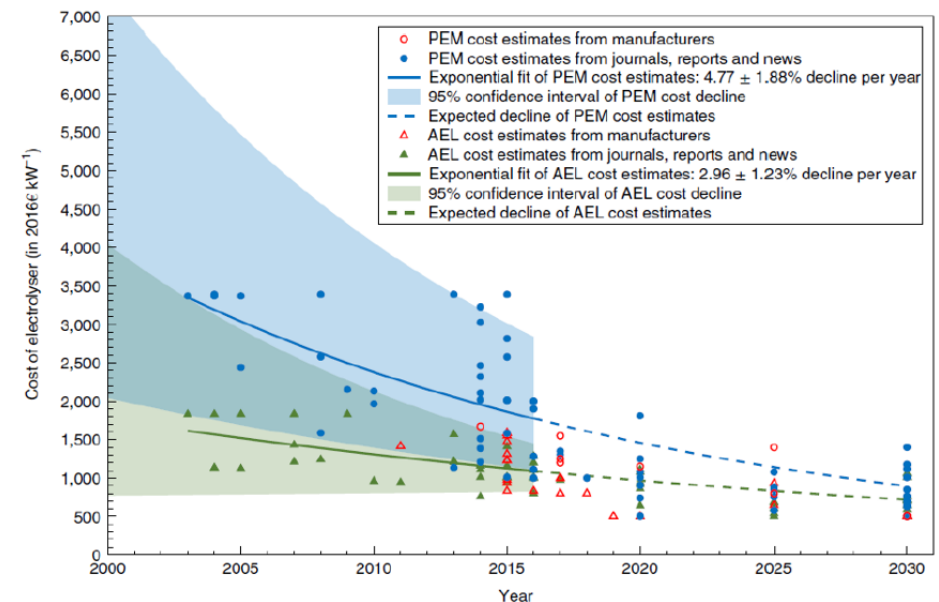
- Momenteel worden enkel Alkaline- en PEM-elektrolyzers beschouwd als marktrijpe technologieën. De SOE- en AEM-elektrolyzers zijn andere veelbelovende systemen die zich echter, qua ontwikkeling, nog in de onderzoeksfase bevinden. Ze vallen daarom buiten de scope van deze verkenning.
- Alkaline-systemen worden al jarenlang grootschalig (6-100MW) toegepast, recent vooral bij de productie van chloor. De geïnstalleerde systemen zijn groot, traag in (af)schakelbaar, vragen veel vermogen en zijn minder efficiënt dan PEM-systemen.
- PEM-systemen zijn relatief nieuw en beschikken over een aantal voordelen. Ze hebben een kleinere fysieke footprint, produceren waterstof op druk en zijn geschikt voor koppeling aan een fluctuerende energiebron zoals een windpark. De grootste systemen hebben op dit moment een vermogen van ca. 10 MW.
- Voor flexibiliteit en integratie met duurzame-energieopwekking lijkt de PEM-elektrolyzer de meest passende oplossing. Voor grote continu draaiende industriële toepassingen zou Alkaline-technologie uitstekend kunnen voldoen. Beide systemen worden volop doorontwikkeld. De tijd zal uitwijzen welke plek zij kunnen innemen en in hoeverre er één of meerdere dominante technieken zullen zijn.



De verwachting is dat de kostprijs van PEM- en Alkaline- elektrolyzers in de komende jaren substantieel kan dalen als gevolg van industrialisatie. Dit is ook nodig om grootschalige introductie mogelijk te maken.

Op dit moment ligt de prijs van een elektrolyser-stack tussen de 100 en 400 Euro/kW voor Alkaline-systemen. En tussen de 300 en 800 Euro/kW voor PEM-systemen. Voor het totale systeem gaat het om 1000 – 2000 euro/kW. De resulterende kostprijs van groene waterstof is (nog) niet concurrerend met fossiele alternatieven.

Verwacht wordt dat de kapitaalkosten van beide technologieën de komende jaren steeds dichterbij elkaar komen te liggen. Voor 2030 ligt de verwachte kostprijs van een stack rond de 100 Euro/kW. Om dit doel te bereiken, moeten er op het gebied van ontwerp, materialen, componenten en subsystemen grote stappen worden gezet.



Bron: Nature Energy 4, 216-222 (2019)

# Ambities en verwachtingen

Een elektrolyser bestaat uit een set gestapelde basiseenheden, zogenaamde cellen, die elk afzonderlijk de basisfunctie, de elektrolyse, kunnen uitvoeren. Het hart van de cel wordt gevormd door de membraan met daarop aangebrachte elektrodes, ingekapseld tussen twee metalen platen, waar water en reactiegassen langs gevoerd kan worden. Het geheel staat onder elektrische spanning en hoge mechanische druk. Meerdere gestapelde cellen vormen samen een stack. Naarmate er grotere en

meerdere cellen op elkaar gestapeld worden, neemt het vermogen van de elektrolyser-stack toe.

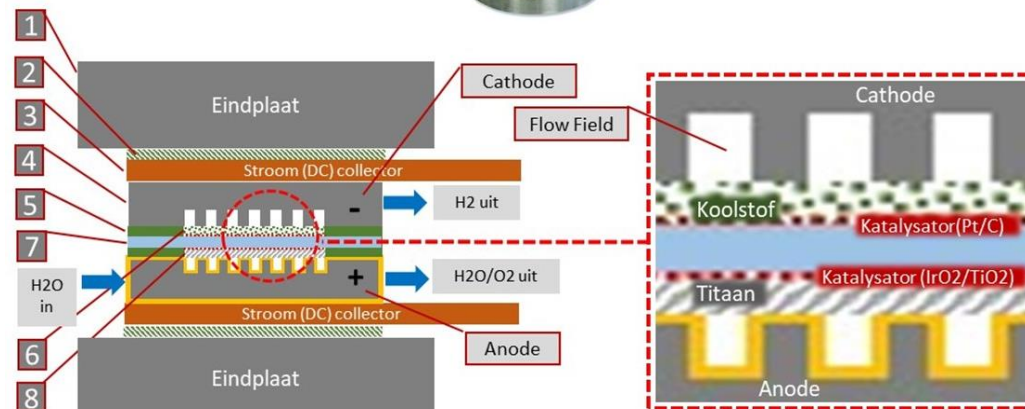
Zie het onderstaande schema voor de benaming van de belangrijkste onderdelen binnen de PEM-cel. De opbouw van een Alkaline-cel is niet hetzelfde. Voor de doelstellingen en het detailniveau van deze studie zijn de verschillen veelal niet relevant. Waar dat wel het geval is zal dit in de analyse worden benoemd.

1. Eindplaat
2. Separator
3. Stroomcollector
4. Bipolaire plaat
5. Afdichting
6. GDL (Anode)
7. Membraan + katalysatorlagen
8. GDL (Cathode)

PEM cell  
(schets)



MEA detail  
(schets)



# Opbouw van een elektrolyser

Een elektrolyser bestaat uit een (PEM- of Alkaline-) stack, ingebed in een systeem van zogenaamde Balance of Plant (BoP)-componenten. De BoP-componenten / functies waar we ons in deze verkenning op zullen richten zijn de volgende:

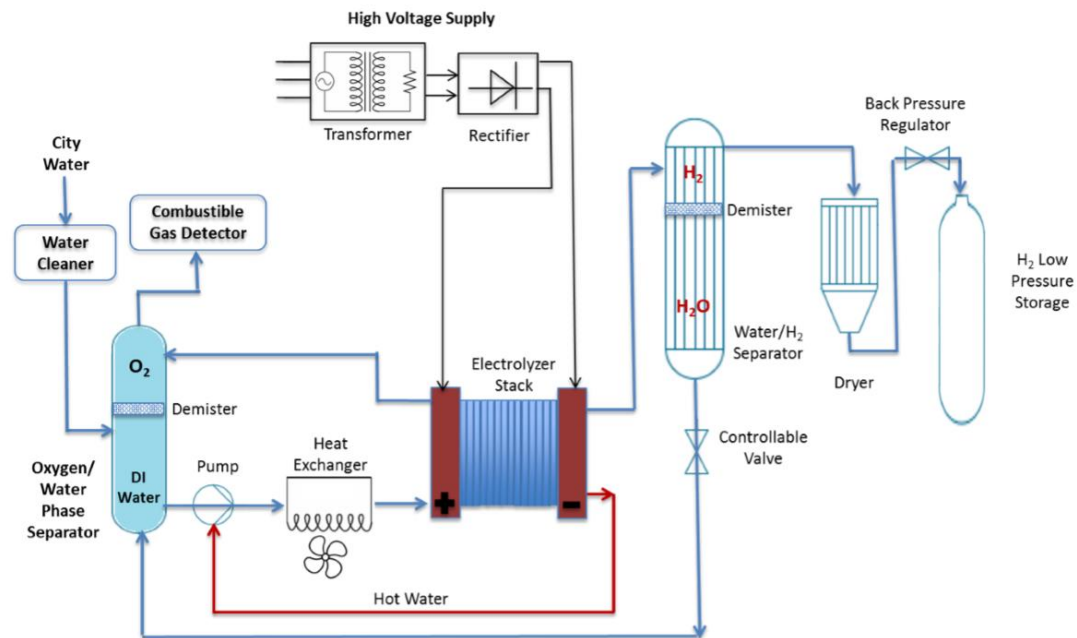
## WE-systeem:

### Stack

1. Elektrolyser-stack

### Balance of Plant (BoP)

2. Vermogenselektronica
3. Waterbehandeling
4. Gas behandeling
5. Koeling
6. Sensoren
7. Leidingen



Ook hier geldt: voor de doelstellingen en het detailniveau van deze studie zijn de verschillen tussen BoP-systemen voor PEM- en Alkaline-systemen niet relevant. Waar dat wel het geval is zal dit in de analyse worden benoemd.

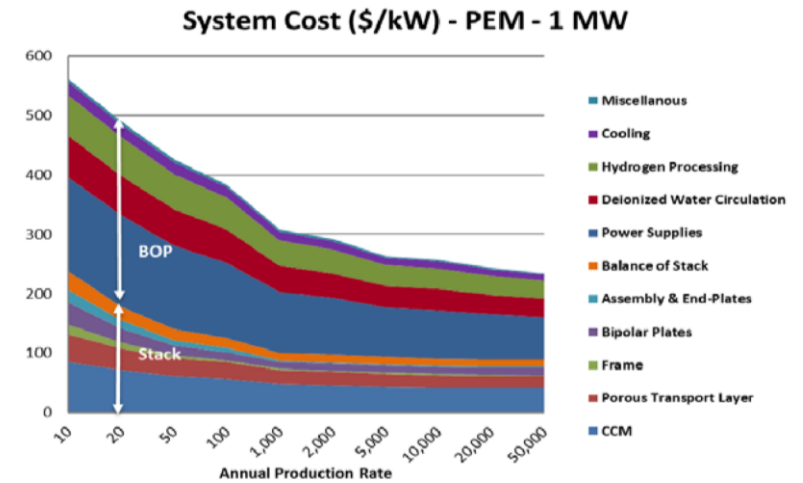
De kritieke componenten kunnen worden opgevat als richtpunt voor innovatie. Die bedrijven die in de komende jaren een bijdrage kunnen leveren aan prestatie-verbetering en kostenreductie van deze componenten maken kans om in deze nieuwe markt succesvol te zijn.

Kritieke componenten representeren de elementen in de elektrolyser met de:

- grootste waarde.
- grootste technologische bottleneck.

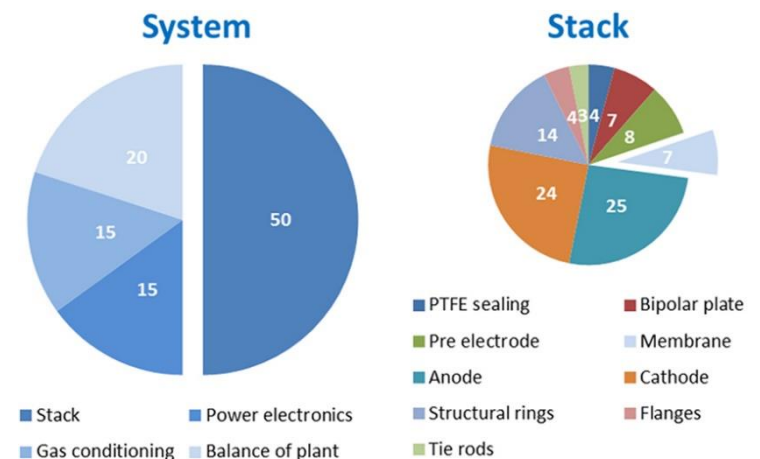
De kosten van PEM-systemen worden bepaald door de volgende componenten:

- PEM stack (40%) met membraan, elektrodes/katalysatoren, GDL, en de bipolaire platen als meest kostenbepalende onderdelen.
- Vermogenselektronica (25-30%)
- Waterbehandeling (10-15%)
- Gas behandeling (10-15%)
- Een deel van deze componenten bevat zeldzame metalen, wat de kosten additioneel opdrijft en een potentieel probleem vormt voor de duurzaamheid.



Bron: NREL, 2019

De kostenopbouw van de Alkaline-elektrolyser is anders. De meest kostbare componenten zijn de elektrodes alsook de mechanische componenten, nodig om de zware constructie bij elkaar te houden. Voor de vergelijking, een typische afmetingen van een Alkaline-diafragma bedraagt 2-4 m<sup>2</sup>. Dit is in geval van PEM-systemen een factor 10 kleiner!



Bron: E4TEch, 2014. Development of water electrolysis in the European

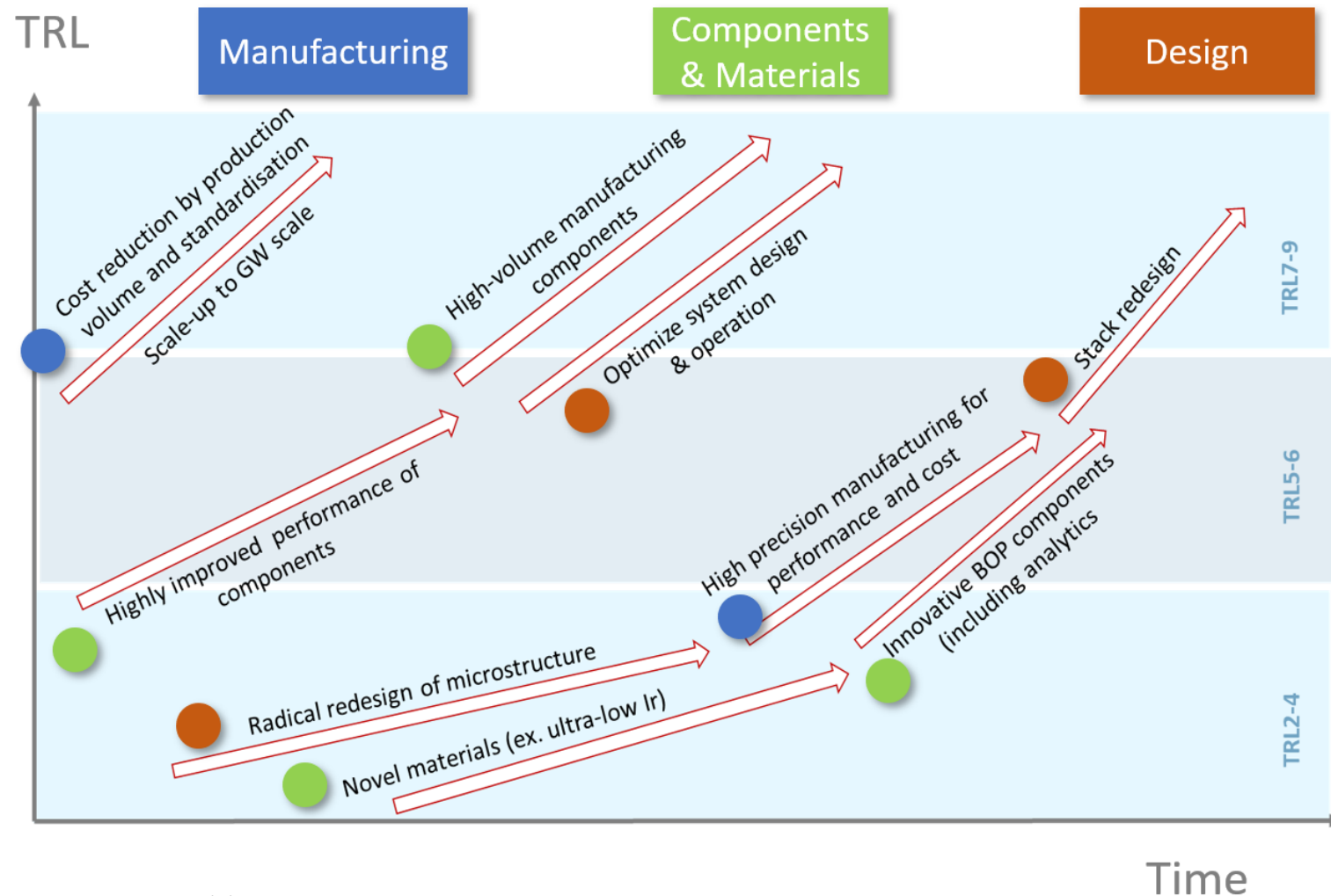
# Innovatierichtingen

Voor beide - PEM en Alkaline - kunnen we belangrijke innovatierichtingen onderscheiden, die het slagen van de water elektrolyse mede zullen bepalen.

- De eerste richting gaat uit van kostenverlaging door stijgende volumes, toenemende standaardisatie en component (functie) integratie.

- De tweede richting draait om verbetering van kwaliteit op het niveau van materialen en componenten.

- De derde richting focuseert op efficiëntere en flexibelere WE systemen, die beter op de behoefte van toekomstige energie systemen aansluiten.



Bron: TNO, Arend de Groot.

# Specifieke innovatie-opgaven voor Alkaline- en PEM-systemen

Domain	Alkaline	PEM
WE-cell ontwerp en materialen	Betere katalysatoren (RuOx, IrOx) die de stroomdichtheid kunnen verhogen (>0.5A/cm2). Elektroliet bestaand tegen hogere temperaturen Ionen-geleidende membranen i.p.v. passieve diafragma	Hogere stroomdichtheid (>5A/cm2) door optimale cell-ontwerp Betere (nano) katalysatoren (Sb, Te) Reductie in Pt/Ir gebruik door betere opdamper en coating technieken Alternatieve membranen, dunner, beter geleidend
Stack	Grotere stacks (meer cellen op elkaar) Hogere werkdruk Stapeldichtheid vergroten door kleinere celdikte (0-gap ontwerp)	Grotere, langere stacks, kleinere footprint Hogere bedrijfsdruk (>100bar) Low-cost bipolaire plaat, stainless steel ipv Ti als substraat, high-tech coatings voor optimaal "mass-transfer" gedrag
WE systeem/BOP componenten	Verbetering van thermisch gedrag Optimalisatie van KOH circulatie Sneller in-/afschakelbaarheid (betere inpassing in het e-net)	Autonome, op elkaar afgestemde, zelf-controlerende (sensoriek) systemen Bankability / risikovrije operatie Integratie in de elektriciteits- en gas netten Beter H2O kwaliteit, minder Me+ residuen
Levensduur	Duurzame elektrodes door slimmere materialen en coatings Betere waterkwaliteit, eliminatie van Me+ verontreinigingen.	Nieuwe elektrode/coatings die de levensduur van electrocatalyst bevorderen Betere bescherming van de bipolaire plaat tegen de erosie
Efficiency	Slimmere vermogenselektronica levert naar schatting 2-3% efficiency op	Dunnere membranen, lagere weerstand Efficiëntere AC/DC omzetting
	Hogere bedrijfstemperatuur (<200grC)	Hogere bedrijfstemperatuur/druk
	Optimalisatie van transport (ionen, water) processen in de Alkaline cellen	Efficiëntere gaswassers
Industrialisatie	Manueel werk wordt op termijn grotendeels geautomatiseerd maar de impact kleiner dan bij PEM	Standaardisatie, massafabrikage, meer concurrentie met name gunstig voor PEM, die in veel grote aantallen geproduceerd gaan worden

## 4. Kansenskaart



De kansenkaart geeft het overzicht van Nederlandse bedrijven die een rol kunnen spelen bij de productie van elektrolyzers. Voorwaarde voor het plaatsen op de kaart is dat het bedrijf aan de volgende criteria voldoet:

- Het bedrijf valt binnen de scope van de verkenning. Zie Sectie 1 voor een toelichting op de scope.
- Het bedrijf heeft een relevante kennisbasis, in termen van techniek en expertise, voor het produceren van (componenten of stacks voor) elektrolyzers.
- Het bedrijf heeft ambities op het gebied van ontwikkeling en/of productie gericht op het produceren van (componenten of stacks voor) elektrolyzers.

Per bedrijf is vervolgens benoemd:

- Locatie in Nederland
- Technologiefocus (Alkaline, PEM, generiek)
- Specifieke positie(s) binnen de productieketen waarvoor het bedrijf ambities heeft.
- Specifieke positie(s) binnen de productieketen waarvoor het bedrijf reeds actief is, specifiek voor ontwikkeling en/of productie van elektrolyzers.

De navolgende slides geven een overzicht van de huidige Nederlandse situatie, met specifieke aandacht voor de bijzonderheden binnen regio's. In de regionale doorkijk wordt ook de relatie benoemd met regionaal beleid, relevante demonstratieprojecten, en onderzoeks- en innovatie-infrastructuur.

De regio's zijn als volgt gedefinieerd. Deze indeling, op basis van de bij de verkenning betrokken provincies, is enigszins arbitrair, maar tot op zekere hoogte wel uit te leggen aan de hand van centra van bestaande bestuurlijke samenwerking. Alleen de regio West vormt daarop een uitzondering.

<b>Noord</b>	>	Groningen, Friesland, Drenthe (New Energy Coalition)
<b>Oost</b>	>	Gelderland, Overijssel (OostNL)
<b>Zuid</b>	>	Zeeland, Noord-Brabant, Limburg (ENZuid)
<b>West</b>	>	Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht

# Productieketen Elektrolyser



## Stack-componenten:

Dit zijn afzonderlijke onderdelen van een elektrolyse-installatie, zoals membranen, elektroden, katalysatoren, coatings, plaatwerk en de cruciale bipolaire plaat (BPP).

## Stack-integratie:

Deze categorie omvat bedrijven die uit de losse componenten de elektrolyser zelf kunnen assembleren, de kern van een elektrolyse-installatie.

## Balance-of-Plant:

Dit zijn leveranciers van essentiële technologie rondom de elektrolyser, zoals vermogens-elektronica, sensoren, koeling en gas- en waterzuiverings-techniek. Juist in deze productiestap wordt veel toegevoegde waarde gerealiseerd.

## Systeemintegratie:

Dit zijn bedrijven die complete elektrolyse-installaties kunnen assembleren. Deze partijen spelen een belangrijke rol in het organiseren van de toeleveranciers in de productieketen.

## Afnemers:

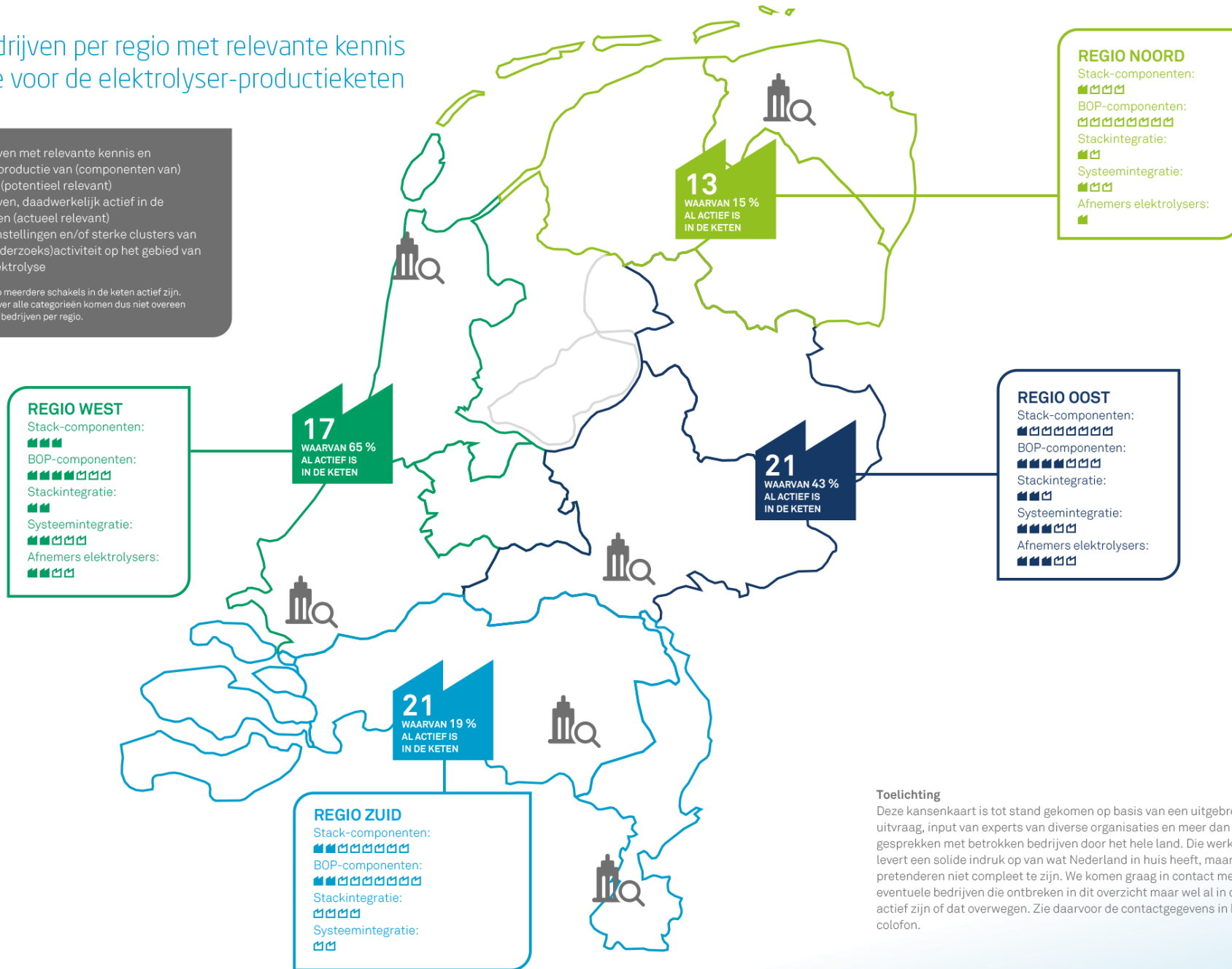
Naast de productieketen kunnen ook (potentiële) afnemers van elektrolyzers een belangrijke rol spelen bij het verder ontwikkelen van een productieketen voor Nederlandse elektrolyser-technologie.

# Kansenkaart elektrolyzers

Aantal bedrijven per regio met relevante kennis en ambitie voor de elektrolyser-productieketen

- ✓ Aantal bedrijven met relevante kennis en ambitie voor productie van (componenten van) elektrolyzers (potentieel relevant)
- Aantal bedrijven, daadwerkelijk actief in de productieketen (actueel relevant)
- 🏢 Onderzoeksinstituten en/of sterke clusters van kennis en (onderzoeks)activiteit op het gebied van waterstof/elektrolyse

NB Een bedrijf kan op meerdere schakels in de keten actief zijn. De totale aantallen over alle categorieën komen dus niet overeen met het totale aantal bedrijven per regio.



### Toelichting

Deze kansenkaart is tot stand gekomen op basis van een uitgebreide uitvraag, input van experts van diverse organisaties en meer dan 80 gesprekken met betrokken bedrijven door het hele land. Die werkwijze levert een solide indruk op van wat Nederland in huis heeft, maar we pretenderen niet compleet te zijn. We komen graag in contact met eventuele bedrijven die ontbreken in dit overzicht maar wel al in de keten actief zijn of dat overwegen. Zie daarvoor de contactgegevens in het colofon.

# Toelichting

Hotspots voor (potentiële) ontwikkeling en productie van stack-componenten vinden we in Gelderland, Overijssel en Noord-Brabant.

Ook in de overige provincies zijn bedrijven, over de hele productieketen, te vinden met relevante kennis en expertise.

In algemene zin kunnen we het volgende opmerken: De gehele waardeketen voor elektrolyzers is vertegenwoordigd in Nederland. De regio's met relatief veel maakindustrie springen eruit waar het gaat om (potentiële) ontwikkeling en productie van componenten.

- Voor Oost-Nederland ligt het zwaartepunt rond Arnhem (waterstof-technologiecluster) maar ook in Overijssel waar veel bedrijven gespecialiseerd zijn in materiaaltechnologie.
- In Brabant zijn voornamelijk de bedrijven rond het Eindhovense HTSM-cluster sterk vertegenwoordigd.

Voor (potentiële) ontwikkeling en productie van BoP-componenten en Systeem-integratie zien we dat door het hele land relevante bedrijven zijn gevestigd, met name ook rondom de bestaande industriële clusters.

Opvallend is ook dat de potentiële stack- en systeem-integratoren door heel Nederland verspreid aanwezig zijn.

De volgende pagina biedt een analyse voor de verschillende segmenten van de waardeketen.

## Uitsplitsing naar technologie

Naast de geografische spreiding is in deze verkenning ook gekeken naar de technologie waar betrokken bedrijven in actief zijn. In onderstaande tabel is weergegeven hoeveel bedrijven per segment in de productieketen actief zijn met Alkaline-, PEM- of generieke technologie, en welk percentage ervan op dit moment al actief is in de keten.

	Stack-componenten		BOP-componenten		Stack-integratie		Systeemintegratie		Afnemers		Totaal	
Alkaline	2	50%	3	0%	3	100%	2	100%	1	100%	6	67%
PEM	9	33%	4	50%	6	33%	5	80%	5	80%	22	45%
Generiek	12	25%	24	33%	2	0%	8	0%	4	25%	44	27%
<b>Totaal</b>	<b>23</b>	<b>30%</b>	<b>31</b>	<b>32%</b>	<b>11</b>	<b>45%</b>	<b>15</b>	<b>40%</b>	<b>10</b>	<b>60%</b>	<b>72</b>	<b>36%</b>

# Kansenkaart – toelichting per ketensegment

---

## **Stack-componenten**

Nederland telt de nodige bedrijven die stack-componenten kunnen maken, waarvan bijna een derde al actief is in de productieketen. De nadruk ligt hier op PEM en generieke technologie. Dominante regio's op dit gebied zijn Oost en Zuid. Laatstgenoemde is ook interessant vanwege de aanwezigheid van bedrijven die een rol kunnen spelen bij automatisering en massaproductie van componenten. Regio West is verder interessant omdat de bedrijven hier al actief zijn in bestaande productieketens.

## **Stack-integratie**

Verschillende bedrijven hebben de technische bagage om op korte termijn stacks te produceren. Op dit moment is een klein aantal al actief als ontwikkelaar en/of producent, met name van PEM-systemen. Opvallend is dat met name de regio Zuid nog niet actief is in de markt, terwijl het potentieel daar niet onderdoet voor de andere regio's.

## **BoP-componenten**

Dit is een relatief grote categorie met een opvallend goede spreiding door heel Nederland. Een substantieel aantal van deze bedrijven is ook al actief in bestaande productieketens voor elektrolyzers. Dit geldt met name in de regio's Oost en West: in de overige twee regio's gaat het vooral om maakindustrie die voor andere markten werkt, bijvoorbeeld brandstofcellen of de automotive sector.

## **Systeemintegratie**

Door heel Nederland zijn (potentiële) systeemintegratoren actief, over het algemeen omvangrijke bedrijven. Een handvol is al actief in deze markt, maar met name als ontwikkelaar en producent van kleine systemen. Serieproductie is in Nederland nog niet aan de orde. Belangrijke conclusie is dat er in vrijwel elke provincie wel een potentiële fabrikant van elektrolyzers is aan te wijzen. De vraag is wel of en hoe dergelijke partijen ook actief zullen worden.

## **Afnemers**

Verschillende bedrijven in Nederland gebruiken op dit moment op pilot-schaal al elektrolyzers voor de productie van waterstof, of zijn van plan dit op korte termijn te doen. Deze zijn op dit moment vooral geconcentreerd in de regio's West en Oost, maar in potentie zijn alle industriële clusters interessante toepassingsgebieden, met name ook Noord (Eemshaven) en Zuid (Chemelot).

# Kansenkaart

## Regionale doorkijk

In de regionale doorkijk wordt voor vier regio's separaat een overzicht geschetst van relevante bedrijven en hun (potentiële) positie in de productieketen. Daarbij worden opvallende kenmerken, kansen en opgaven benoemd. Per regio wordt een overzicht gegeven van regionaal beleid, relevante demonstratieprojecten, en onderzoeks- en innovatie-infrastructuur. De regio's zijn als volgt gedefinieerd:

<b>Noord</b>	>	Groningen, Friesland, Drenthe (New Energy Coalition)
<b>Oost</b>	>	Gelderland, Overijssel (OostNL)
<b>Zuid</b>	>	Zeeland, Noord-Brabant, Limburg (ENZuid)
<b>West</b>	>	Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht

# Regio Noord

Bedrijf	Provincie	Regio	Technologie					
			Stack-componenten	BOP-componenten	Stack-integratie	Systeem-integratie	WE gebruiker	
Ampulz	DR	Noord		■				PEM
Eekels Technology	GRO	Noord		■				Generiek
FINN	GRO	Noord		■				Alkaline
FMI additive manufacturing	FR	Noord	■					PEM
Gasunie	GRO	Noord				■	■	Generiek
ICH B.V.	DR	Noord		■				Generiek
Masevon	FR	Noord			■			PEM
Metal Membranes	FR	Noord	■	■				Alkaline
Oreel	FR	Noord		■				Generiek
Resato	DR	Noord		■				Generiek
Stork	GRO	Noord				■		Generiek
SuwoTec	GRO	Noord	■					Generiek
Tieluk	FR	Noord	■	■	■	■		Alkaline



# Regio Noord (1/2)

---

## Highlights

De maakindustrie voor elektrolyzers is ondervertegenwoordigd in Noord-Nederland. Toch liggen er mooie kansen bij een diverse groep bedrijven, variërend van leveranciers van elektroden (SuWoTec, Tieluk), vermogenselektronica (Ampulz) tot (potentiële) ontwikkelaars en producenten van stacks (Masevon, Tieluk) en systeem-integratoren (Stork, Gasunie).

- Noord Nederland wordt bovenal gekenmerkt door een krachtig energie- en industriecluster met de Eemshaven en de (geplande) offshore windparken als belangrijke toepassingsgebied voor groene waterstof.
- Ook de traditionele positie op het gebied van aardgas, en de daaraan gerelateerde assets (kapitaal, kunde), bieden een goede uitgangspositie voor de opbouw van een regionale waterstof-hub en het lanceren van grootschalige experimenten.
- Uniek in de regio is verder nog het zogenaamde Hydrohub, een open testfaciliteit waar kennisinstellingen en bedrijven (componenten van) elektrolyzers kunnen testen op semi-industriële schaal. Partners zijn o.a. Gasunie, ISPT, TNO en de Hanze Hogeschool.

## Ambities en beleid

- De Provincie Groningen heeft een leidende rol bij de ontwikkeling van waterstof-technologieën in de regio. Er ligt een waterstofvisie en er is al substantieel geïnvesteerd in projecten, infrastructuur, onderzoeksfaciliteiten.
- De Provincies Drenthe en Friesland zijn momenteel meer volgend. Friesland is nog bezig met een waterstofvisie; in Drenthe is het college van plan om 5M euro vrij te maken voor een brede regeling gericht op energie-innovatie.
- De samenwerking tussen de Noordelijke Provincies verloopt goed. Bovenregionale afstemming vindt met name plaats binnen het netwerk 'New Energy Coalition'.
- Zeer recent hebben de Noordelijke Provincies, in samenwerking met Gasunie, hun ambities omgezet in een investeringsplan gericht op het opbouwen van een regionale waterstofeconomie.



# Regio Noord (2/2)

---

## Projecten

- Een consortium van Gasunie, Groningen Seaports en Shell is gestart met haalbaarheidsstudie voor een electrolyser in de Eemshaven, gekoppeld aan een windpark van 3-4 GW. De tijdshorizon voor realisatie is 2027. (North2 project)
- Gasunie en Nouryon werken, samen met andere partners, aan plannen voor een 20MW electrolyser in Delfzijl (Nouryon, Gasunie). Funding (11M Euro) komt uit het Europese partnership Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCHU).
- Het project 'Heavenn' is een ander FCHU-project. Het doel is het opzetten van een volledig geïntegreerde waterstofhub in Noord-Nederland. Er is 20M euro subsidie voor beschikbaar plus nog eens 90M euro co-financiering.
- Op het GZI terrein in Emmen wordt, onder andere op initiatief van NAM en Gasunie, een 2 MW electrolyser gepland om waterstof te produceren voor vervanging van aardgas ten behoeve van de industrie (Emmtec) en openbaar vervoer (QBUZZ); De eerste stap in 2021 bestaat uit het installeren van 2 tot 4 MW elektrolyse en het realiseren van een tankfaciliteit voor de waterstof bussen in deze regio gaan rijden. Voor 2023-2025 liggen er plannen om uit te breiden naar 20-50 MW aan elektrolyse (en na 2025 zelfs naar en 100-250 MW).
- In Hoogeveen wordt een waterstofwijk gepland, waarbij één erf van circa 16 woningen moet worden voorzien van een centrale electrolyser en brandstofcel om de woningen van warmte en elektriciteit te voorzien.
- In de haven van Den Helder wordt, in het kader van Programma Green Shipping Waddenzee, de productie en toepassing van groene waterstof gedemonstreerd. Het gaat o.a. om de aanleg van een zonnepark, electrolyser en een openbaar waterstof tankstation. Ook wordt er een elektrisch aangedreven vaartuig met een waterstof brandstofcel ontwikkeld waar verschillende maritieme dienstverleners en kennisinstellingen ervaring mee op kunnen doen. Het programma wordt gecoördineerd door FME en is gericht op het ondersteunen van bedrijfsleven, kennisinstellingen en havens ten behoeve van de innovaties voor CO2-neutrale en fossielvrije scheepvaart en faciliteiten in de Waddenhavens. De totale programmakosten bedragen 25,9 miljoen euro. Het Waddenfonds stelt 8 miljoen euro subsidie beschikbaar. Ook de provincies Friesland en Noord-Holland steunen het programma.

## Kansen en uitdagingen

- De regio bevindt zich in Nederland, en zelfs Europees, in een koploperspositie waar het gaat om (plannen voor) grootschalige toepassing van elektrolyzers. Gasunie en Nouryon zijn hierin belangrijke trekkende partijen.
- Tegelijk wordt in geen van deze projecten samengewerkt met toeleveranciers uit de regio of zelfs Nederland. De demonstraties worden ingericht op het leren en experimenteren van de toepassing van de electrolyser in de context van het energiesysteem, niet op het (leren) bouwen en verbeteren van de electrolyser.
- Bedrijven die op dit moment al elektrolyzers zouden kunnen maken, zijn op dit moment nauwelijks betrokken in bestaande productieketens. Met name voor de groep BoP-leveranciers is het gat tussen het aanwezige potentieel (8) en daadwerkelijk actieve bedrijven (0) opvallend.
- Bestuurlijke samenwerking vanuit Groningen, Drenthe en Friesland met andere Nederlandse regio's is beperkt. Met name waar het gaat om beschikbare faciliteiten, infra, ligt hier ruimte voor verbetering.

# Onderzoeksfaciliteiten regio Noord



## Hydrohub Groningen

**Doelstelling:** Doel is om nog voor 2030 kostenefficiënt, grootschalig en CO<sub>2</sub>-vrij waterstof te produceren in Nederland. MW schaal stresstests van water elektrolyse.

**Scope:**

- TRL: 4 - 5
- Technologie: PEM (250kW) en Alkaline
- Bijzonderheden: design, efficiëntie en balance of plants.

**Aanbod:** Activiteiten zijn gericht op het testen van MW-schaal elektrolyse-systemen in een gesimuleerde toepassingsomgeving. De focus ligt op ontwikkeling van nieuwe stack designs, nieuwe componenten en efficiëntie van BoP. Ook niet-partners kunnen de installaties gebruiken en eigen (sub)systemen testen. Als deze in de Hydrohub eenmaal goed werkt, is deze vervolgens te vertalen naar een elektrolyse-installatie op industriële schaal (GW).

**Partners:** Consortium met ISPT, Gasunie, Yara, Shell, Nouryon, TNO en Hanze Hogeschool.

# Regio West

Bedrijf	Provincie	Regio	Technologie					
			Stack-componenten	BOP-componenten	Stack-integratie	Systeem-integratie	WE gebruiker	
ABB	ZH	West						Generiek
Althen	ZH	West						Generiek
Bosal	UT	West						Generiek
Cryoworld	NH	West						Generiek
Delft IMP	ZH	West						Generiek
Demaco	NH	West						Generiek
Evides	ZH	West						Generiek
Frames Group	ZH	West						PEM
GP Groot	NH	West						PEM
Hydron Energy	ZH	West						PEM
Hygro	NH	West						PEM
Magneto	ZH	West						Generiek
Mourik	ZH	West						Generiek
Port of Rotterdam	ZH	West						Generiek
Yokogawa	UT	West						Generiek
ZEPP solutions	ZH	West						Generiek
Zero Emission Fuels	ZH	West						Alkaline



# Regio West (1/2)

---

## Highlights

- De regio telt relatief veel bedrijven die actief zijn op het gebied van BoP-componenten maar ook een heel aantal (potentiële) systeem-integratoren als Frames, Zepp en Hygro. Op het gebied van stack-componenten is het aantal relevante bedrijven beperkt, maar degene die er zitten (Hydron en Magneto) zijn wel al daadwerkelijk actief in de bestaande productieketen voor electrolyzers.
- Qua stack- en systeem-integratie zijn de bedrijven Hydron Energy en Frames interessant. Zij bouwden, samen met TNO, een 50 KW elektrolyser voor onderzoeksdoeleinden. Als onderdeel van de Hydrohub testcenter (Groningen) wordt nu gewerkt aan een 250 kW PEM-systeem. Design en bouw is geheel gedaan door Nederlandse partijen. De componenten komen van diverse internationale leveranciers.
- De regio wordt verder gekarakteriseerd door de aanwezigheid van grote potentiële eindgebruikers: met name de chemie in Rotterdam, en de staalproductie in IJmuiden. Dit biedt mogelijkheden voor demonstratie en uiteindelijk grootschalige toepassing van electrolyzers.
- Aanlanding van wind op zee biedt perspectief voor grote hoeveelheden duurzame elektriciteit. De bestaande waterstof-infrastructuur vormt een sterk uitgangspunt voor import, export en doorvoer van groene waterstof.
- Uniek in de regio is ook de sterke kennisinfrastructuur met onder andere het Faraday-lab (NH) en het Fieldlab Industriële Elektrificatie (ZH), een faciliteit die ingericht is op het ontwikkelen, testen en versneld toepasbaar maken van o.a. elektrolyse-systemen. Daarbij is het demonstreren op industriële schaal één van de belangrijkste doelstellingen.
- Noemenswaardig is ook het experimenteercentrum van Investa in Alkmaar, gericht op R&D rondom groen gas.

## Ambities en beleid

- De Provincie Zuid-Holland heeft de ambitie om 1-2 GW elektrolysecapaciteit te realiseren in 2030. Hiermee wordt invulling geven aan de landelijke doelstelling van 3-4 GW uit het klimaatakkoord. De Provincie investeert, in samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam en andere partners, middels diverse projecten, in de ontwikkeling van een waterstof-infrastructuur waar de opwek van groene waterstof één element in is.
- Voor Noord-Hollands is de waterstofstrategie nog in ontwikkeling. Er ligt al een visie op energie-infrastructuur waar waterstof onderdeel van uit maakt.
- De Provincie Utrecht is qua waterstof-technologie met name actief op het gebied van toepassing in mobiliteit. Er is (nog) geen integrale waterstofvisie waarin de productie van waterstof of elektrolyse een rol spelen.

# Regio West (2/2)

---

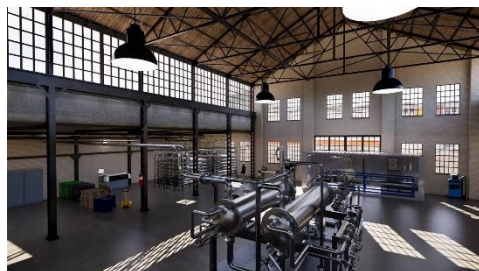
## Projecten

- Binnen project H2ermes onderzoeken Nouryon, Tata Steel en Port of Amsterdam de vestiging van een 100 MW waterstoffabriek in IJmuiden op het terrein van Tata Steel.
- In Rotterdam staan 2 electrolyzers gepland van ieder 250MW. Eén van Shell (voor 2023). En één van Nouryon, BP en het Havenbedrijf Rotterdam (2025).
- In de Wieringermeer realiseert HYGRO een 4,8MW windturbine met geïntegreerde 2MW elektrolyser voor de productie van waterstof.
- In Anna Paulowna realiseert ENGIE een 1 MW elektrolyser bij een onderstation van Liander
- Vattenfall bouwt een 10MW elektrolyser op de Hemweg de komende 2-3 jaar en wil opschalen naar 100MW in 2030.

## Kansen en uitdagingen

- De regio is, met een breed scala aan grootschalige eindgebruikers, een ideale proeftuin voor de eerste elektrolyse-toepassingen. Plannen voor ontwikkeling van elektrolyzers zijn er volop maar op dit moment gaat het voornamelijk nog om projecten waarvan de technische en economische haalbaarheid nog moet worden vastgesteld.
- Als proeftuin voor de ontwikkeling van elektrolyse-technologieën wordt de regio op dit moment nog beperkt benut. In de bestaande demonstratietrajecten wordt uitsluitend ingezet op bewezen technologieën. De Nederlandse (potentiële) leveranciers, die minder goed gepositioneerd zijn in de huidige markt, profiteren mede daardoor niet van deze eerste marktvraag.
- De uitdaging is om alsnog een verbinding – en wisselwerking – tot stand te brengen tussen dit type projecten en de beoogde toeleveranciers van componenten, ook van elders in Nederland. De inzet is om een stimulans te geven aan innovatie op alle onderdelen in de keten.
- De testcapaciteit en demonstratie-mogelijkheden van het Faraday-lab en met name ook het Fieldlab Industriële Elektrificatie zouden hier de brug kunnen vormen tussen ontwikkeling van nieuwe technologie en productiemethoden, en de implementatie van het beschikbare, in deze regio met name in de industrie.

# Onderzoeksfaciliteiten regio West



Fieldlab Industriële  
Elektrificatie  
Rotterdam

**Doelstelling:** Industriële inpassing elektrolyzers in industriële praktijk

**Scope:**

- TRL: 4 – 8
- Technologie: flexibel, elektrolyzers in industriële praktijk
- Bijzonderheden: focus op elektrificatie technologieën voor de procesindustrie met als belangrijke focus decarbonisatie van de industrie, verduurzaming, efficiency energie en grondstof gebruik en energie transitie visie.

**Aanbod:** solution center, experimenteer- en test locatie, Demo locatie (on site)op relevante industriële schaal (>MW).

**Partners:** FME, Deltalinqs, TNO, Innovation Quarter, Port of Rotterdam.



Faraday Lab  
Petten

**Doelstelling:** Optimaliseren en opschalen elektrolyse-technologie; Gigawatt Elektrolysefabriek ontwerpen.

**Scope:**

- TRL: 2 – 7
- Technologie: PEM, alkaline, SOE en AEM
- Bijzonderheden: interdisciplinair ingestoken samen met de procesindustrie.
- Inzet op ontwikkeling 'next generation' elektrolyzers (TRL3-5) in samenwerking met onderzoekscentra op High Tech Campus (Holst Centre, Solliance, TNO Material Solutions).

**Aanbod:** Onderzoek en ontwikkeling gericht op materialen en componenten met specifieke aandacht voor industrialisatie, kostenreductie, het verlengen van de levenscycli en betere systeemintegratie.

**Partners:** TNO werkt samen in projecten met o.a. Hydron Energy, Magneto, PTGe, Delft-IMP, Frames, Fujifilm.

# Regio Oost

Bedrijf	Provincie	Regio	Technologie					
			Stack-componenten	BOP-componenten	Stack-integratie	Systeem-integratie	WE gebruiker	
Boessenkool	OV	Oost		■				Generiek
Bredenoord	GLD	Oost					■	PEM
Bronckhorst	GLD	Oost		■				Generiek
Contour	GLD	Oost		■				Generiek
Demcon	OV	Oost		■				PEM
Dufor	GLD	Oost	■					Generiek
Eurekite	OV	Oost	■					PEM
Ferro Techniek	GLD	Oost		■				Generiek
HFI Hartman	GLD	Oost	■					Generiek
Hyet Hydrogen	GLD	Oost			■	■		PEM
HyGear	GLD	Oost				■	■	PEM
Koolen Industries	OV	Oost					■	Generiek
MTSA Technopower	GLD	Oost		■		■	■	PEM
MX Polymers	GLD	Oost	■					PEM
Nedstack	GLD	Oost	■					Generiek
Nouryon	OV	Oost					■	Alkaline
NTS Norma	OV	Oost	■		■			PEM
Teljin Aramid	GLD	Oost	■	■				Generiek
Veco Precision	GLD	Oost	■					PEM
Xintc Global	GLD	Oost			■	■		Alkaline
Zeton	OV	Oost				■		Generiek





# Regio Oost (1/2)

---

## Highlights

- De regio kent een bijzonder hoge concentratie aan bedrijven gespecialiseerd in ontwikkeling en productie van materialen en componenten. Een flink deel van de activiteiten is geclusterd op Industriepark Kleefse Waard (IPKW) in Arnhem. De sterke positie van deze bedrijven is te verklaren door de kennis en ervaring opgebouwd ten behoeve van brandstofcel-technologie in de afgelopen 20 jaar. In Overijssel ligt relevante kennis vooral op het gebied van materialen (o.a. keramiek) en machinebouw.
- Ook op het gebied van stack- en systeemintegratie zijn meerdere bedrijven goed geëquipeerd om een rol te spelen in ontwikkeling en productie. Bedrijven zijn zelfs al actief, zij het op bescheiden schaal, in de bestaande productieketen voor electrolysers, zowel voor PEM als Alkaline.
- Business Cluster H2-technologie is een initiatief van Hymove, gericht op het versterken van de exportpositie voor waterstoftechnologie vanuit Nederland richting China. De scope is landelijk en biedt ruimte voor bedrijven die iets toe kunnen voegen aan het consortium.
- Op het gebied van kennisontwikkeling is met name de Hogeschool Arnhem Nijmegen (HAN) toonaangevend in de regio. De HAN biedt een experimenteer-omgeving waar studenten samen met bedrijven werken aan kleinschalige tests.

## Ambities en beleid

- De Provincie Gelderland trekt qua economie- en industriebeleid samen op met de steden Arnhem en Nijmegen. Het beleid van de Provincie is erop gericht 'innovatieclusters' van bedrijven te vormen en te versterken. Recent is hierin bijvoorbeeld een stap gezet door vestiging van een H2-lab verbonden aan de HAN.
- De Provincie Overijssel is nog bezig om een visie en strategie te vormen. Het idee bestaat om qua elektrolyse in te zetten op ontwikkeling van kleinschalige decentrale toepassingen, bijvoorbeeld bij tankstations en woonwijken. De regio zou een living lab moeten worden voor bijpassende technologieën.
- De samenwerking tussen overheden en regionale ontwikkelingsorganisaties (OostNL, KIEMT) is in Oost-Nederland ingeregeld via het netwerk HyEast.



# Regio Oost (2/2)

---

## Projecten

- MTSA bouwt samen met regionale partners een power-to-power installatie, op demo- en testlocatie (living lab) IPKW, mede om diverse functies te verkennen.
- Verder ligt het accent qua projecten op toepassingen, en dan met name op het gebied van fuel cells. Zo bouwde Hymove bouwde in 2016, samen met regionale bedrijven en kennisinstellingen, een waterstof-aandrijflijn voor zwaardere voertuigen, met demonstraties in 2 bussen van Syntus in 2019-2020.

## Kansen en uitdagingen

- De regio is relatief sterk ontwikkeld waar het gaat om samenwerking tussen bedrijven met relevante en onderling complementaire kennispositie. Het cluster in Arnhem, met de HAN als publieke kennisdrager, vormt daarbij een belangrijk regionaal centrum.
- Opvallend is verder dat de regio zich, qua beleid en ambitie, met name richt op ontwikkeling en inzet van kleinschalige elektrolyser-systemen. Enkele bedrijven geven zelf ook aan dat zij met name hier kansen zien om internationaal tot een uniek aanbod te kunnen komen. Een focus op (serieproductie van) kleinschalige elektrolyser-systemen zou mogelijk een interessante USP voor Nederland kunnen zijn. Deze richting is nog niet of nauwelijks vertaald in concrete experimenten en projecten.
- Net als voor andere regio's geldt hier dat de koppeling tussen de aanwezige maakindustrie en demonstratieplannen geheel ontbreekt. Op het moment dat de regio zich wil ontplooiën als een living lab, dan hoort daar ook een proeftuin voor de maakindustrie bij.
- Qua overheidsbeleid is het van belang te constateren dat de nu geplande inzet van subsidies binnen de regio is beperkt tot generieke fondsen voor het ondersteunen van innovatie. Ondernemers merken verder op dat het aanbod van subsidies en regelingen onoverzichtelijk is. Wil de regio een positie als proeftuin opbouwen, dan is een meer gecoördineerd beleid nodig.
- In lijn met het voorgaande, ligt er een kans om de regionale ambities (en middelen) te koppelen aan bovenregionale initiatieven en ontwikkelingen. Er liggen kansen voor bedrijven uit de regio om samen te werken met bedrijven elders in Nederland. De koppeling met testinfrastructuur in regio's Noord en West biedt bedrijven de kans om hun producten te valideren. De koppeling met het High Tech cluster in Zuid biedt mogelijkheden om in te zetten op automatisering, en serieproductie.

# Onderzoeksfaciliteiten regio Oost



## HAN H2Lab Arnhem

**Doelstelling:** In het HAN H2Lab wordt praktijkgericht onderzoek gedaan naar waterstof-toepassingen, voor kleine en middelgrote waterstofsysteem.

**Scope:**

- TRL: 3 - 5
- Technologie: SOE, PEMFC, Alkaline (small scale)
- Onderzoekers, docenten en studenten van de HAN werken hier samen met bedrijven aan projecten. Deze partijen ontwerpen, modelleren, construeren en testen verschillende waterstofsysteem; voor mobiele toepassingen, energieopslag en netstabiliteit.

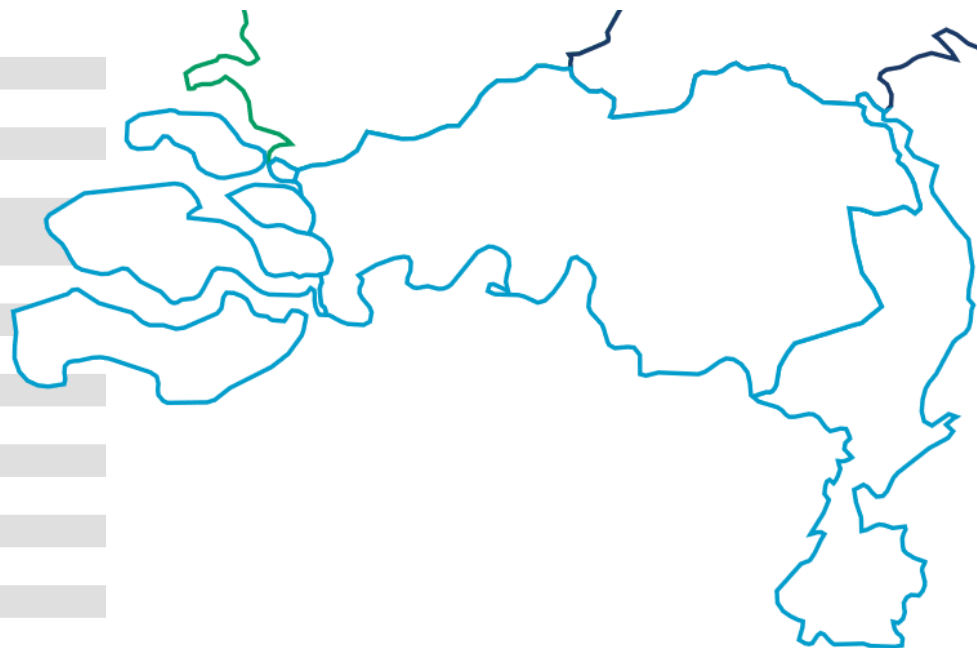
**Aanbod:** Het lab is ingericht met infrastructuur gericht op het ontwikkelen en testen van waterstofsysteem. Naast de waterstoffaciliteiten betreft dit onder andere een werkplaats, testruimtes, teststations, elektrochemische testapparatuur en bijbehorende veiligheidssystemen.

**Partners:** SEECE (Sustainable Electrical Energy Centre of Expertise).

Bron afbeelding: <https://www.han.nl/onderzoek/kennismaken/technologie-en-samenleving/lectoraat/duurzame-energie/faciliteiten/hanh2lab>

# Regio Zuid

Bedrijf	Provincie	Regio	Technologie					
			Stack-componenten	BOP-componenten	Stack-integratie	Systeem-integratie	WE gebruiker	
Additive Industries	NB	Zuid	■					PEM
Admatec	NB	Zuid	■					PEM
Adsensys	NB	Zuid		■				Generiek
Blue Engineering	LI	Zuid			■			Generiek
Bosch Transmission Technologies	NB	Zuid			■			PEM
Coorstek	NB	Zuid		■				PEM
D&M Vacuumsystems	LI	Zuid		■				Generiek
Delmeco	ZE	Zuid				■		Generiek
Diffutherm	NB	Zuid		■				Generiek
Exotech	ZE	Zuid		■				Generiek
Fluidwell	NB	Zuid		■				Generiek
Fuji Film Europe	NB	Zuid	■					PEM
Hauzer	LI	Zuid	■					Generiek
Ionbond	LI	Zuid	■					Generiek
Kepser Pro Metaal	NB	Zuid		■				Generiek
KMWE	NB	Zuid	■					Generiek
Lumileds	ZE	Zuid			■			PEM
Nprox	LI	Zuid		■				Generiek
Prodrive-Technologies	NB	Zuid		■				Generiek
PTG	NB	Zuid	■					Generiek
VDL	NB	Zuid	■		■	■		Generiek



# Regio Zuid (1/2)

---

## Highlights

- De regio is met name sterk gepositioneerd waar het geavanceerde materialen – coatings, membranen, keramiek, betreft. Ook zijn er diverse partijen in de regio die voor zichzelf een rol zien als stack- of systeem-integrator. Opvallend is wel dat slechts een klein deel van deze bedrijven ook daadwerkelijk actief is. Het gaat hier vooral om potentiële nieuwe toetreders.
- Voor Zeeland geldt dat het nu al de grootste afnemer is van (fossiele) waterstof, met DOW, Yara en Zeeland Refinery als grootverbruikers. Bovendien is dit de locatie waar al sinds 2018 een waterstofverbinding loopt via een Gasunieleiding. Zeeland is ook de regio waar als eerste grootschalige windstroom beschikbaar komt. Al met al een aantrekkelijke locatie voor de eerste grootschalige demonstraties van elektrolyzers.
- Ook voor Limburg geldt dat de toepassing van waterstof een belangrijke rol speelt, met name ten behoeve van het industriecluster Chemelot met OCI Nitrogen als grote producent van kunstmest. Qua toekomstige infrastructuurbehoefte ligt er voor Limburg nog wel een grote opgave, met name waar het de aansluiting op hoogspanningsleiding betreft .
- De kennisinfrastructuur in de regio is sterk door de aanwezigheid van Brainport / TU Eindhoven en de Brightlands Chemelot Campus, waar met name ook de ontwikkeling van nieuwe materialen speerpunt is.

## Ambities en beleid

- De Provincie Noord-Brabant zet in op een brede ontwikkeling van technologie die nodig is om de business case voor waterstofopslag en -conversie te verbeteren. Er lopen diverse initiatieven om dit concreet in te vullen. Leidraad daarbij is vooral het aankoppelen van de HTSM-maakindustrie.
- De Provincie Zeeland heeft de ambitie om het grootste waterstofcluster van Nederland te blijven in de industriële waterstofeconomie, met het Smart Delta Resources (SDR) netwerk als krachtig triple-helix samenwerkingsplatform. Al in een vroeg stadium heeft de SDR-regio gekozen voor ontwikkeling van het transitiepad inzake waterstof en dit is concreet gemaakt in het Hydrogen Delta programma.
- De Provincie Limburg heeft recent een waterstofagenda gelanceerd. Daarmee ziet zij voor zichzelf een rol als regisseur, gericht op het verzamelen van kennis, het bij elkaar brengen van plannen, en het maken van keuzes. Er is een budget beschikbaar gesteld van €500.000 voor een aantal projecten, met name gericht op het toepassen van waterstof in de industrie, pompstations.
- In het kader van ENZuid werken de drie Provincies samen aan verduurzaming van de zuidelijke Provincies. De koppeling van maakindustrie aan innovaties binnen chemie- en energiesectoren is uitdrukkelijk de ambitie. Er wordt gewerkt aan definitie van eerste projecten.

# Regio Zuid (2/2)

---

## Projecten

- Het Hydrogen Delta programma van SDR is gericht op een 100MW pilot elektrolyser in 2025 en een GW-systeem omstreeks 2030. Hierbij wordt op korte termijn blauwe waterstof ingezet in de overgang naar groen. Daarnaast wordt een waterstofnet ontwikkeld voor verbinding met het landelijke net.
- Er is een regionale verkenning uitgevoerd naar de implementatie van een elektrolyser op 1 GW schaal. Deelnemers zijn SDR, Dow, Yara, Zeeland Refinery, PZEM, ArcelorMittal, ENGIE, wind-op-zee bedrijf Ørsted en havenbedrijf North Sea Port. De studie is uitgevoerd door Arthur D. Little.
- In het kader van het ENZuid-programma wordt gewerkt aan concrete investment-ready cases. Voor één van die cases is de inzet om een elektrolyser-systeem te ontwikkelen in nauwe samenwerking tussen industriële afnemer (s) en Nederlandse maakindustrie.
- Een consortium van VDL, TU Eindhoven, DIFFER en Nouryon werkt aan een nieuw elektrolyser-ontwerp, met o.a. focus op tweede generatie Alkaline-technologie (AEM). Doel is te komen tot een verregaande reductie van de kapitaalkosten.
- Force Renewable Energy werkt samen met BOM (Brabantse Ontwikkelings Maatschappij) en partners aan de realisatie van zogenaamde GreenH2UB's. Uniek hierbij is dat elektronen uit wind- en zonne-energie worden omgezet naar groene waterstof moleculen welke vervolgens gebruikt kunnen worden voor de mobiliteit en voor netbalancing.

## Kansen en uitdagingen

- Regio Zuid wordt gekenmerkt door een groot potentieel aan relevante bedrijven met ambities op het gebied van elektrolysetechnologie. Dit geldt in het bijzonder voor de bedrijven die een rol kunnen spelen bij het mogelijk maken van massaproductie (materialen en componenten) en serieproductie van systemen.
- Interessant is ook om te zien dat de regio nu al specifiek inzet op het koppelen van kennis en kunde van de maakindustrie aan ontwikkelingen in de chemie- en energiesectoren. Dit wordt o.a. gecoördineerd – en gefinancierd – via het bovenregionale samenwerkingsverband ENZuid.
- Opvallend is wel dat de regio relatief weinig bedrijven telt die al actief zijn in de bestaande productieketens, mede omdat het hier gaat om bedrijven die op dit moment nog geen rol te spelen hebben. Immers, de volumemarkt die nodig is om de ontwikkeling van serieproductie, en bijbehorende miljoeneninvesteringen, op te zetten bestaat nog niet.
- Los van de benodigde financiering, hebben machinebouwers op dit moment ook onvoldoende zicht op de specificaties van de te produceren elektrolyzers. Het ontbreekt namelijk nog aan productstandaarden.
- Toch ligt er een kans voor de regio, en Nederland, om juist hier een positie op te bouwen op basis van de unieke kennis en kunde op het gebied van HTSM en machinebouw. Dit kan echter alleen slagen als er de komende jaren (nog) meer wordt geïnvesteerd in de samenwerking tussen HTSM-sector (machinebouwers, fabrikanten van componenten) enerzijds en chemische industrie (afnemers, systeem-integratoren, stack-integratoren) anderzijds.
- Net als in de andere regio's, geldt dat er veel gebeurt op waterstofgebied op het gebied van programma's, platforms, projecten, regelingen. Voor bedrijven is het moeilijk om overzicht te behouden. Er is behoefte aan overzicht en coördinatie.
- Net als in de andere regio's geldt dat er door de bank genomen geen sterke koppeling is tussen de ontwikkelingen in de maakindustrie (productie van elektrolyzers) en de grote demonstratieplannen.

# Onderzoeksfaciliteiten regio Zuid



Eindhoven Institute  
for Renewable  
Energy Systems  
(EIRES)  
Eindhoven

Bron afbeelding: <https://architectenweb.nl/nieuws/artikel.aspx?ID=48064>

**Doelstelling:** De ambitie is om de bestaande kennispositie op het gebied van hightech systemen, materialen, manufacturing in te zetten om relatief kleinschalige componenten en systemen te ontwerpen die in grote volumes kunnen worden geproduceerd.

**Scope:**

- TRL: 3 (AEM) – 9 (Alkaline)
- Technologie: Alkaline, AEM
- Bijzonderheden: modulair design – ambitieuze opschalingsplannen, focus is dus niet op grote installaties, maar grote verkoopgetallen.

**Aanbod:** EIRES wordt aangestuurd vanuit de verschillende afdelingen van de TU Eindhoven. Technische Natuurkunde, Gebouwde Omgeving, Scheikundige Technologie en Chemie, Elektrotechniek, Werktuigbouwkunde en Industrial Engineering & Innovation Sciences.

**Projecten:** Het 'First Dutch Electrolyser project richt zicht op ontwerp, prototyping en ontwikkel-roadmap voor Alkaline-systemen. Bijzonder is de betrokkenheid van maakindustrie, en potentiële systeem-integrator VDL.

**Partners:** Metalot, VDL, Nouryon, DIFFER, TNO, DENS, Vertoro.



Brightlands  
Chemelot Campus  
Geleen

Bron afbeelding: <https://www.insittardgeleen.nl/nl-nl/5/114/chemelot.aspx>

**Doelstelling:** De Chemelot Campus richt zich op de ontwikkeling van expertise en business in duurzame chemische processen. De focus ligt o.a. op het gebied van chemische recycling, waterstofproductie en elektrificatie.

**Scope:**

- TRL: lab-schaal, met uitgebreide mogelijkheden om op te schalen op de chemiesite van Chemelot
- Technologie: speciale mini-plant faciliteiten voor biobased processen; faciliteiten voor elektrisch kraken
- Bijzonderheden: expertise op het gebied van hernieuwbare processen; expertise op het gebied van groene waterstof initiatieven

**Aanbod:** Brightlands Chemelot Campus beschikt over alle faciliteiten voor onderzoekers, ondernemers en studenten om te werken aan innovatieve slimme materialen, biomedicijnen en duurzame chemische processen. Voor bedrijven en kennisinstututen zijn flexibele werkplekken te huur evenals laboratoria, cleanrooms en (mini) pilot plants.

**Partners:** > 100; onder andere Chemelot, TNO, SABIC



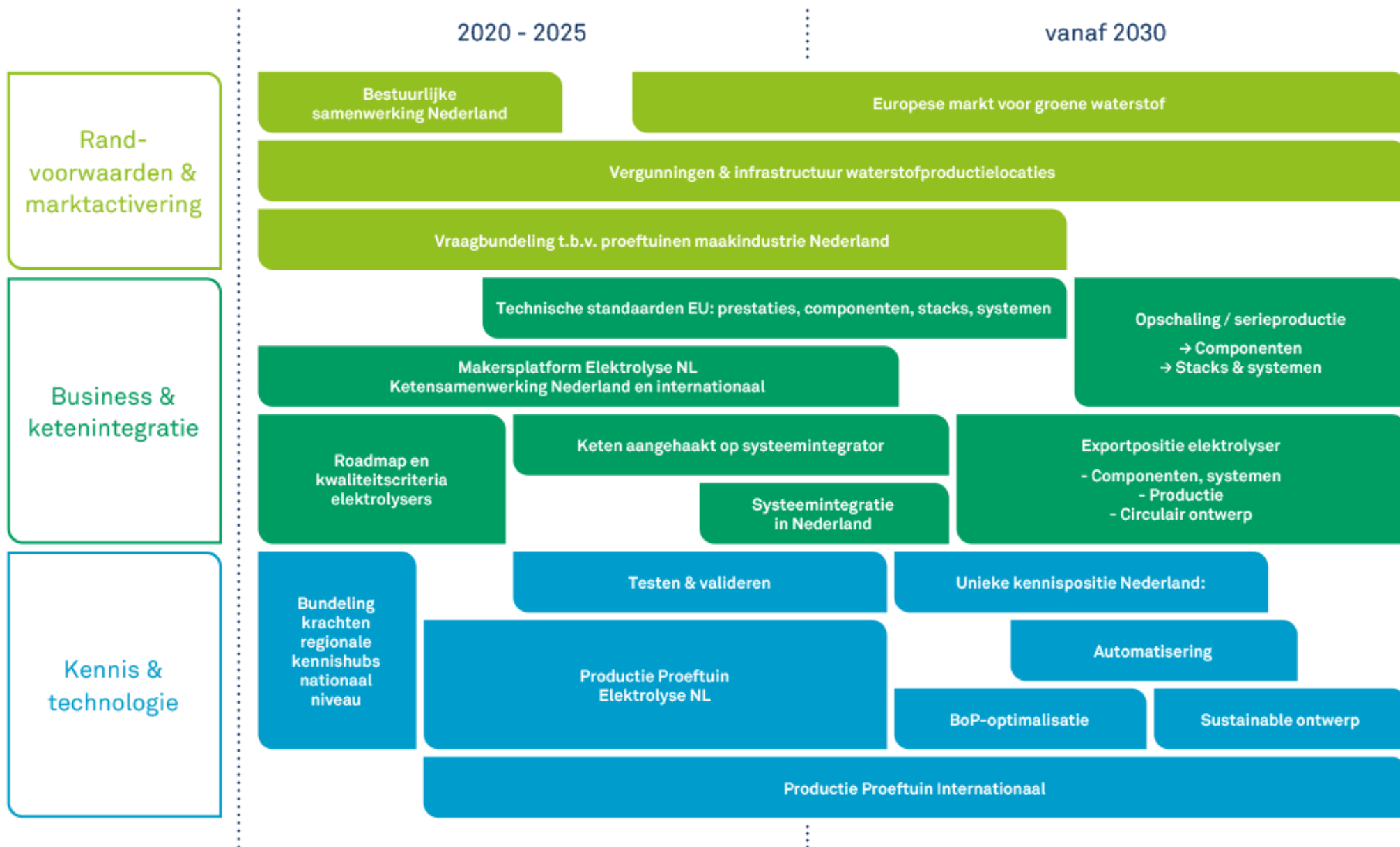
## 5. Strategische Innovatie Agenda

De strategische innovatie agenda geeft aan wat er nodig is om de kansen voor de Nederlandse maakindustrie te verzilveren. Deze schetst ontwikkelstappen op het gebied van:

**Kennis & Technologie:** gericht op het stimuleren van onderzoek en technologische innovatie

**Business & Ketenintegratie:** gericht op ketensamenwerking, standaardisering, automatisering en opschaling van productie.

**Randvoorwaarden & Marktactivering:** gericht op de bredere systeemomgeving van de elektrolyser.



Fasering van de benodigde acties: een roadmap voor het creëren van een Nederlandse productieketen voor elektrolyzers.



# Toelichting Kennis & Technologie

---

## Uitgangspunt

- In Nederland gevestigde bedrijven beschikken over de relevante kennis en ervaring op het gebied van elektrolysetechnologie. Samen zijn deze partijen in staat om geavanceerde materialen en componenten te leveren en te assembleren tot stack of systeem.
- Tegelijkertijd is het speelveld momenteel gefragmenteerd. De nodige kennisontwikkeling en innovatie vindt te veel in isolatie plaats. Het geheel is daardoor niet meer dan de som der delen. Het helpt niet mee dat slechts een fractie van de potentieel relevante bedrijven op dit moment al daadwerkelijk actief is in de bestaande productieketen voor (componenten van) elektrolyzers.
- Pluspunt is het gegeven dat er internationaal nog een enorme innovatieopgave ligt, gerelateerd aan zowel componenten als stack- en systeemintegratie. Hier ligt een kans voor die bedrijven die een unieke kennispositie weten te creëren. Dit is ook een voorwaarde voor Nederlandse bedrijven om uiteindelijk een substantiële rol te kunnen (blijven) spelen.
- De Nederlandse kennisinfrastructuur is goed geëquipeerd om het Nederlandse bedrijfsleven de kennis, knowhow en faciliteiten te bieden om deze positie op te bouwen. Door heel Nederland zijn labs en testomgevingen ingericht die het mogelijk maken componenten en systemen te valideren.

## Wat is er nodig? > Productie Proeftuin Elektrolyse NL

- Het is van belang dat er een Productie Proeftuin Elektrolyse NL wordt opgezet, gericht op het faciliteren van kennis- en technologieontwikkeling in de keten van Nederlandse productiebedrijven. De essentie van deze proeftuin is niet het leren over de applicatie maar over de productie van elektrolyzers.
- Het is uitdrukkelijk niet de bedoeling dat deze proeftuin een fysieke locatie krijgt. Belangrijker is dat de bestaande initiatieven op nationaal niveau met elkaar verbonden worden, en richting krijgen via een integraal onderzoeks- en innovatieprogramma.
- Koppeling met real life testing grounds kan uiteraard wel weer in regio's worden geconcentreerd. Bijvoorbeeld, applicaties voor kleinschalige systemen, zouden ingebed kunnen worden bij logistieke hubs. Voor grootschalige systemen zijn met name de kustprovincies relevant waar nu al grote demonstraties gepland worden maar waar koppeling met maakindustrie nu nog ontbreekt.
- In alle gevallen is het zaak om de bestaande lab- en pilot-infrastructuur (Faraday, Hydrohub, FLIE, EIRES, HAN en anderen) te benutten en waar nodig toegang voor bedrijven te vergemakkelijken.
- De innovatiefocus van deze proeftuinen moet liggen op het opbouwen van een onderscheidende kennispositie. Dit is cruciaal om concurrentie met gevestigde spelers aan te kunnen. Enkele belangrijke speerpunten: duurzaamheid, recycleerbaarheid, levensduur componenten, schaalbaarheid van productietechnieken.
- De inzet is om een landelijke kickstart te geven aan onderzoek- en innovatie. Maar ontwikkelingen moeten uiteindelijk ook, in een vroeg stadium, gekoppeld zijn aan internationale R&D-netwerken. Gezonde concurrentie en een gezamenlijke Europese kennis-roadmap is een voorwaarde.

# Toelichting Business & Ketenintegratie

---

## Uitgangspunt

- Op termijn ligt er een reële kans voor Nederlandse bedrijven om een exportpositie op te bouwen voor (componenten van) elektrolyzers. Voor een substantieel deel van de hiervoor relevante bedrijven, geldt wel dat zij hiervoor nog een enorme innovatiesprong zullen moeten maken. Voor bedrijven in het BoP-segment ligt deze opgave meer in het bereik dan voor nieuwe toetreders op het gebied van stack-componenten of integratoren.
- Toch geven de resultaten in deze studie geen aanleiding om routes uit te sluiten. Uitgangspunt is dat Nederland op alle onderdelen van de productieketen een kans maakt om met gerichte innovatie een marktpositie op te bouwen. Door samen te werken aan een gezamenlijke ketengerichte aanpak, is het mogelijk om een innovatie ecosysteem te creëren, met als resultaat dat succesansen van alle segmenten te verhogen.
- Samenwerking binnen de keten van (potentiële) productiebedrijven gebeurt nog te weinig. Bedrijven zijn uiteraard terughoudend met het delen van concurrentiegevoelige informatie. Maar in veel gevallen is de bereidheid tot samenwerking er wel degelijk, maar weet men elkaar niet te vinden. Ook internationale profilering is hierdoor suboptimaal.
- Mede als gevolg van bovenstaande is er onvoldoende zicht op de relevante specificaties van (componenten voor) elektrolyzers. Voor potentiële innovatieve toeleveranciers gericht op innovatie is het moeilijk om hun aanbod af te stemmen op de precieze vraag. Hetzelfde geldt voor bedrijven gericht op automatisering.
- Maakbedrijven uit het MKB zijn op dit moment nog onvoldoende aanwezig bij grote WE-gebruikers en systeem-integratoren. Dit is een kip-ei verhaal, omdat grote producenten hameren op de inpassing van technologie met een bewezen trackrecord, gezien de grote investeringen en leningen die gepaard gaan met deze grote demonstratieprojecten.

## Wat is er nodig? > Makersplatform Elektrolyse

- Voor het realiseren van het bestaande business potentieel in concrete economische en maatschappelijke waarde is het belangrijk dat Nederlandse partijen meer gaan samenwerken en zichzelf organiseren. Bedrijven moeten elkaar weten te vinden, van elkaar weten wat ze te bieden hebben, en waar behoefte aan is.
- Om richting te geven aan relevante innovatieopgaven, is het van belang om een gezamenlijke technische roadmap te ontwikkelen waarin de bedrijven uit diverse onderdelen van de productieketen aan eigen innovatiedoelstellingen werken. Deze worden ingegeven en onderbouwd door resultaten van de activiteiten in de productieproeftuin.
- De innovatiedoelstellingen omvatten o.a. kwaliteitscriteria op het gebied van duurzaamheid, circulariteit, materiaalgebruik. De definitie van kwaliteitscriteria helpt bij het neerzetten van een standaard voor de Nederlandse industrie en geeft een signaal af aan potentiële internationale partners, o.a. bij potentiële systeem-integratoren / afnemers.
- De innovaties, gevalideerd in de labs- en pilotfaciliteiten vormen de basis voor het neerzetten van een track-record van Nederlandse bedrijven die willen toetreden in een nu veelal gesloten markt voor (componenten voor) elektrolyzers.
- Voor een stack- of systeem-integrator bieden deze ontwikkeling een basis van vertrouwen om, eventueel gesteund door fondsen van het Rijk of de EU, over te gaan tot investeringen die de gehele keten ten goede komen. Of dit uiteindelijk een Nederlandse partij zal zijn is nu niet te beantwoorden. Het is in ieder geval goed om in te zetten op een aantrekkelijk ecosysteem en vestigingsklimaat.
- Standaardisering van componenten en producten (afmetingen, instellingen voor temperatuur, druk, spanningsniveaus, etc.) is cruciaal voor het mogelijk maken van serieproductie. Het is vooral zaak om hier aan te sluiten bij de relevante Europese netwerken. Hier ligt uiteindelijk een grote kans voor de HTSM-sector.

# Toelichting Randvoorwaarden & marktactivering

---

## Uitgangspunt

- Er bestaat momenteel nog geen volwassen marktvraag naar groene waterstof. Het uitgangspunt voor deze verkenning is dat hier op korte termijn verandering in komt, in eerste instantie via financiering, met publieke middelen, van diverse demonstratieprojecten.
- Indien er kapitaal beschikbaar komt voor demonstratieprojecten, gericht op maakindustrie, kan Nederland als expert en exporteur van componenten, stacks en mogelijk zelfs systemen snel groeien.
- Echter, de nu geplande pilots en demo's bieden onvoldoende perspectief voor het Nederlandse bedrijfsleven. Er bestaat geen koppeling tussen maakindustrie en de bestaande plannen voor pilots en demonstraties, zowel voor de industriële applicaties als decentrale toepassingen.
- Zowel vanuit het perspectief van Europees innovatie- en klimaatbeleid, als voor het Nederlandse innovatie (eco)systeem is deze situatie onwenselijk omdat innovatie in de productieketen daarmee onvoldoende wordt gestimuleerd, en omdat de potentiële bijdrage van Nederlandse bedrijven niet wordt benut.
- Een bijkomend probleem is dat bestuurlijke fragmentatie (zowel binnen verschillende lagen van de overheid als spreiding over Nederland) zorgt voor ineffectieve inzet van middelen en gebrek aan richting. Dit uit zich o.a. ook in stroperige besluitvorming op het gebied van infrastructuur, vergunningen, opslag en veiligheid.

## Wat is er nodig? > Industriebeleid en Vraagbundeling

- Om de innovatie in de maakindustrie te stimuleren is specifiek op de industrie gericht innovatiebeleid nodig. Een essentieel onderdeel van dit beleid is het creëren van een eerste marktvraag. Dit kan bijvoorbeeld door de vraag naar elektrolyser-capaciteit, zoals die nu verspreid is over diverse regionale projecten, te bundelen.
- De afnemers van de eerste elektrolyzers moeten dan bereid zijn om wat meer risico te nemen. Dit kan worden afgedekt middels subsidies voor industrieel experimenteel onderzoek. Deze subsidies vloeien dan wel terug naar de Nederlandse maakindustrie en economie.
- Dergelijke vraagbundeling zou gekoppeld moeten worden aan een beperkt aantal usecases. Voor kleinschalige systemen zal een ander model stack, met andere specificaties, worden ontwikkeld dan voor grootschalige toepassingen bij windparken of in de industrie. Per usecase kan op die manier een standaardproduct worden gedefinieerd waar de Nederlandse maakindustrie zich op kan richten. Usecases kunnen gekoppeld worden aan applicaties met minimale vraagvolume: logistieke hubs, industrieclusters, windparken.
- Wat regionaal en landelijk beleid betreft: Het poolen van regionale middelen ten behoeve van landelijke ketenintegratie en vraagbundeling zou bijdragen aan de Nederlandse positie. Ook afspraken over vergunningen en ontheffingen moeten zoveel mogelijk in een landelijke werkgroep worden opgepakt.

## Stack-componenten > wat is er nodig?

Voor de stack-componenten geldt dat de markt, ondanks positieve vooruitzichten, nog klein is. Slechts een beperkt aantal in Nederland gevestigde bedrijven heeft een positie. Qua kennis en ervaring zit er wel het nodige potentieel, vooral in de regio's Oost en Zuid. Kenmerkend voor deze componenten is het enorme potentieel aan kostenreductie door automatisering van de productie. Op dit moment is die maakindustrie nog beperkt betrokken bij deze opgave omdat er nog onvoldoende zicht is op de specificaties van de te produceren componenten. De grote opgave is nu om dit kip-ei-probleem om te zetten in een innovatieprogramma waar fabricage en prototyping gelijk op gaan met elkaar.

Enkele bijzonderheden per component:

### *Membranen*

- Innovatie gericht op optimalisatie van de bestaande PFSA eigenschappen t.a.v. proton-geleidende eigenschappen, chemische stabiliteit en uniformiteit. Levensduur verbetering door toepassing van nano-deeltjes, multilagen, structurele versterking via composiet. Opschaling om tot versnelde kostenreductie te kunnen komen
- De bestaande markt wordt gedomineerd door een beperkte groep reeds gevestigde, grote bedrijven. Nieuwe materialen (zoals keramiek en composieten) bieden de nodige voordelen (geen zeldzame metalen meer nodig) en nieuwe toepassingskansen. Een innovatief bedrijf met het juiste product kan potentieel een belangrijke rol spelen. Dit vraagt om een lange adem en een bereidheid tot risicovol ondernemerschap. De kans op succes kan wel vergroot worden door koppeling te leggen met andere component-ontwikkelaars en ontwikkelaars van geavanceerde productietechnieken.

### *BiPolaire Plaat (BPP)*

- De innovatie rondom de BPP richt zich op de volgende gebieden: materiaalkeuze (metaal, keramiek, composieten), kostenverlaging (dunnere platen, kleiner gewicht, reductie in gebruik van PGMs in coatings). De verbeterpotentie zit ook hier niet alleen in de techniek maar vooral ook in ketenintegratie.

### *ElektroChemische Katalysatoren (ECKs)*

- Innovatie is o.a. op het gebied van optimaliseren van de chemische en microkristallijne structuur van de ECKs, elimineren van zeldzame elementen zoals Pt, Ir, Au. Actieve oppervlakte vergroting door toepassing van nano-tubes/fibers, verbeteren van chemische/electrische/mechanische stabiliteit en uniformiteit.
- Er vindt bij Nederlandse onderzoeksinstituten veel kennisontwikkeling plaats op het gebied van ECKs, onder andere in nauwe samenwerking met bedrijven uit Duitsland en België. De uitdaging is om deze kennis te valoriseren ten behoeve van elektrochemische componenten. De toeleveranciers in het ECK-segment moeten zeer nauw met membraanfabrikanten samenwerken om tot een optimaal werkend product te kunnen komen.

### *Gasdiffusielaag*

- Innovatie op het gebied van vorm (vilt, gaas,...), materiaal (metalen, keramiek) en technologie (3D/sintering, PVD, VPS). Optimalisatie van elektrische geleidbaarheid, contact weerstand, porositeit en corrosie bestendigheid. Process integratie met ECKs/membranen.

## BoP-componente > wat is er nodig?

- BoP-toeleveranciers in Nederland hebben hun huidige kennis- en marktpositie vaak te danken aan de ontwikkeling van infrastructuur voor de olie- en gasector. Dit omvat onder andere: besturings- en vermogens-elektronica, water-processing, gas-processing, koeling, meet- en controlesystemen, veiligheidssystemen.
  - BoP-leveranciers zijn nu al actief in markten die tegen elektrolyse aanleunen; dus gekenmerkt door hogere TRL's met bewezen trackrecord, op basis van reeds ingevoerde standaarden. Hun klantenportfolio is gevarieerd en niet zozeer gekoppeld aan één specifieke technologie. Ze zijn vaak wel extreem gespecialiseerd in hun specifieke markt.
  - De stap naar productie voor electrolyser-systemen is relatief klein. Er bestaan namelijk veel overeenkomsten tussen verschillende vormen van elektrolyse wat betreft sensor- en krachtelektronica. Qua innovatie is het zaak om in te zetten op footprint-verkleining, kostenverlaging, standaardisatie en multi-inzetbaarheid.
  - Voor het opbouwen van hun positie zijn de BOP-producenten sterk afhankelijk van ontwikkelingen verderop in de waardeketen. Met toenemende vraag en meer investeringskapitaal kan deze markt nog enorm groeien. Als aan deze voorwaarden wordt voldaan, kunnen Nederlandse bedrijven op het gebied van BoP-componenten zeker een leidende positie verwerven.
- 

## Stack-integratie > wat is er nodig?

- Er zijn in Nederlandse meerdere kandidaten aanwezig die een rol als stack-integrator op zich kunnen nemen.
- Onder Nederlandse component-leveranciers leeft de behoefte aan een partij die deze rol op zich kan nemen, omdat dit bedrijf, als belangrijke schakel naar de eindafnemers, de onzekerheid kan wegnemen wat betreft de technische specificaties en het (verwachte) marktvolume. Strikt genomen zou dit bedrijf ook een buitenlandse speler kunnen zijn die nauw samenwerkt met Nederlandse toeleveranciers.
- Er is echter, ondanks het beperkte aanbod, een realistische kans dat Nederlandse bedrijven de rol van stack-integratie op zich kunnen nemen. Op dit moment ligt de focus van bedrijven daarbij op het ontwikkelen en produceren van stacks voor kleinschalige toepassingen (mobiliteit, gebouwde omgeving). Daarmee is niet gezegd dat deze stacks, en de daarvoor ontwikkelde kennis, niet uiteindelijk alsnog inzetbaar zijn voor GW-schaal electrolyzers.
- Op dit moment is er nog geen serieproductie van stacks. De uitdaging is om hierin voorop te lopen. De business case voor de productie van de stack wordt beter naarmate het aantal onderdelen lager wordt, en het ontwerp geoptimaliseerd is. Hierdoor komt uiteindelijke serieproductie in zicht met de stack als modulaire component voor electrolysesystemen in diverse usecases. Nederland kan hierin onderscheidend worden. De maakindustrie is goed in het optuigen van complexe productielijnen met hoge betrouwbaarheid en efficiëntie.

## Systeem-integratie > wat is er nodig?

### Situatie / observaties (feiten / directe evidence bedrijven):

- Op dit moment heeft Nederland nauwelijks een positie bij de assemblage van totale elektrolyser-systemen. De kaart toont wel een heel aantal bedrijven die potentieel deze rol zouden kunnen spelen. Net als in het geval van BOP componenten, beschikt NL over hoog ontwikkelde infrastructuur om tot elektrolyser-systeem-integratie te kunnen komen. Zowel design & engineering als bouw, installatie en onderhoud van elektrolyser-systemen past goed in de expertise gebieden die ontwikkeld worden ten behoeven van, bijvoorbeeld, de chemische of olie&gas industrie.
  - Door het opzetten van een Nederlandse WE-systeem integratie keten, kunnen we voordeel behalen uit een sterk ontwikkelde BOP basis alsook hoogwaardige kwaliteit, service en betrouwbaarheid, waar Nederlandse industrie om bekend staat.
  - Bedrijven geven aan dat voor Nederlandse bedrijven, de markt voor kleinschalige systemen , en de daarvoor benodigde stacks , zeer interessant is omdat hier de gevestigde spelers nog niet zover voorlopen.
-

# Conclusies: Kansenskaart

---

Op basis van de verkenning kunnen we constateren dat de gehele waardeketen voor (productie van) elektrolyzers is vertegenwoordigd in Nederland. Bijzonderheden voor de verschillende onderdelen van de productieketen:

**Stack-componenten:** Nederland telt de nodige bedrijven die stack-componenten kunnen maken, waarvan bijna een derde al actief is in de productieketen. De nadruk ligt hier op PEM en generieke technologie. Dominante regio's op dit gebied zijn Oost en Zuid. Laatstgenoemde is ook interessant vanwege de aanwezigheid van bedrijven die een rol kunnen spelen bij automatisering en massaproductie van componenten. Regio West is verder interessant omdat de bedrijven hier al actief zijn in bestaande productieketens.

**Stack-integratie:** Verschillende bedrijven hebben de technische bagage om op korte termijn stacks te produceren. Op dit moment is een klein aantal al actief als ontwikkelaar en/of producent, met name van PEM-systemen. Opvallend is dat met name de regio Zuid nog niet actief is in de markt, terwijl het potentieel daar niet onderdoet voor de andere regio's.

**BoP-componenten:** Dit is een relatief grote categorie met een opvallend goede spreiding door heel Nederland. Een substantieel aantal van deze bedrijven is ook al actief in bestaande productieketens voor elektrolyzers. Dit geldt met name in Oost en West: in de overige twee regio's gaat het met name om maakindustrie die voor andere markten werkt, bijvoorbeeld brandstofcellen of de automotive sector.

**Systeemintegratie:** Door heel Nederland zijn (potentiële) systeemintegratoren actief, over het algemeen omvangrijke bedrijven. Een handvol is al actief in deze markt, maar met name als ontwikkelaar en producent van kleine systemen. Serieproductie is in Nederland nog niet aan de orde. Belangrijke conclusie is dat er in vrijwel elke provincie wel een potentiële fabrikant van elektrolyzers is aan te wijzen. De vraag is wel of en hoe dergelijke partijen ook actief zullen worden.

Nederlandse kennis en innovatiekracht (o.a. fuel-cell tech, automotive industrie en machinebouw) kan ingezet en verder ontwikkeld worden om elektrolyser-productieketens te creëren en op te schalen in Nederland. Nieuwe technologieën behoeven immers nog een flinke ontwikkelingslag. Uitgebreide toegepaste kennis omtrent gas-infrastructuur, assemblage, maar ook membraan-technologie etc. geeft Nederland een grote potentie.

# Conclusies: Strategische Innovatie Agenda



Fasering van de benodigde acties: een roadmap voor het creëren van een Nederlandse productieketen voor elektrolyzers.

Een visuele routekaart van de strategische innovatie agenda is weergegeven in Sectie 5.



# Aanbeveling 1

Versnel innovatie door  
combinatie van  
vraagbundeling en een  
Productie Proeftuin  
Elektrolyser NL

## Stimuleer ontwikkeling en innovatie in de productieketen

**Aanleiding:** Nederlandse partijen staan klaar om materialen, componenten en systemen te ontwikkelen. Ook een snelle leercurve is mogelijk mits materiaal en component-ontwikkelaars in Nederland vertrouwen kunnen kweken bij grote afnemers.

**Actie:** Ontwikkel een Productie Proeftuin gericht op het experimenteren met productie van (componenten voor) elektrolyzers. Koppel deze aan een (gebundelde) vraag van (eerste) afnemers. Doel is om een impuls te geven aan innovatie, zodat het Nederlandse bedrijfsleven tijdig kan aanhaken bij aankomende marktvraag. Snelheid is hierbij wel geboden, buitenlandse producenten van elektrolyzers zitten niet stil.

**Nodig:** Regeling / Financiering door vraagbundeling / Koppeling met regionale usecases / poolen van Provinciale middelen

**Wie:** Nationale overheid in samenwerking met Provincies / EU. Kennisinstellingen en brancheorganisaties als coördinator. Financiering vanuit een partij als InvestNL.

## Metten is weten: faciliteer testen en validatie van NL producten

**Aanleiding:** Veel bedrijven die vooraan in de productieketen actief zijn zoeken naar een launching customer. Met name de MKB-ers komen niet makkelijk binnen bij de OEMs. Hun technologie is nog niet bewezen en ze hebben doorgaans geen track record. Testen en valideren is een belangrijke manier om deze risico's af te dekken.

**Actie:** Maak hierbij gebruik van bestaande lab-infrastructuur (Faraday, Hydrohub, EIRES, HAN). Een voucher-regeling kan het MKB in staat stellen om hun producten te laten testen en valideren.

**Nodig:** Coördinatieactiviteit moet gesubsidieerd worden.

**Wie:** Kennisinstellingen benutten de bestaande kennisinfrastructuur. Financiering deels vanuit overheid.

# Aanbeveling 2

Naar een landelijk  
Elektrolyser  
Makersplatform

## Richt een landelijk 'Elektrolyser Makersplatform' op

**Aanleiding:** Nederlandse maakbedrijven vinden elkaar nog te weinig. Met name de MKB-ers komen bovendien niet makkelijk binnen bij de gevestigde spelers die de systeem-integratie momenteel doen. Dit zet een rem op innovatie. Daar komt bij dat het van belang is om collectief op te trekken om gezamenlijk de richting en randvoorwaarden te creëren voor succesvolle innovatie in de hele keten.

**Actie:** Vormen van een netwerk en het managen van een community gericht op het verbinden en internationaal zichtbaar maken van Nederlandse maakbedrijven. Faciliteren van versnelde ontwikkeling door vraag en aanbod aan elkaar te koppelen.

**Nodig:** Financiering voor proces, website, periodieke bijeenkomsten, een marktplaats waar vraag en aanbod bij elkaar komen.

**Wie:** TNO en FME zien voor zichzelf een rol om hierin het voortouw te nemen. Daarbij zal de verbinding gelegd worden met bestaande netwerken en communities, e.g. Metallot, VoltaChem, ENZuid. Potentiële afnemers en systeem-integratoren kunnen als ambassadeur deelnemen.

# Aanbeveling 3

Zet in op een unieke kennispositie voor Nederlandse maakindustrie

## Geef gezamenlijk richting aan innovatie en standaardisering

**Aanleiding:** Om unieke, of in ieder geval een competitieve kennispositie op te bouwen en te behouden, is het van belang om in ketenverband een gezamenlijke richting te kiezen.

**Actie:** Ontwikkel een ketengerichte elektrolyser technologie-roadmap gericht op alle materialen en componenten. Doe dit uitdrukkelijk in afstemming met HTSM-sectoren. Zorg voor afstemming met Europese netwerken, met name FCHJU-netwerk, Hydrogen Europe, met name waar het standaarden betreft.

**Nodig:** Meer R&D en kapitaal.

**Wie:** Kennisinstellingen, Branche-organisaties, Overheden (d.m.v. subsidies)

## Samenwerken aan standaardisatie

**Aanleiding:** Bedrijven geven aan dat er op het gebied van elektrolyzers en kritische componenten nog nauwelijks sprake van standaardisering.

**Actie:** Het ontwikkelen van een universele norm- of standaardisatie voor elektrolyzers zal samenwerking en keten-integratie sterk kunnen bevorderen en ook de (gezamenlijke) positie in de markt verbeteren.

In eerste instantie moet de inzet wel zijn om innovatie te versnellen. Later zal de nadruk meer komen te liggen op het definiëren van technische standaarden die serieproductie mogelijk maken.

**Nodig:** Aansluiting bij internationale netwerken op het gebied van standaarden.

**Wie:** Overheid, brancheorganisaties, industrie, industrie-gedragen besluit om eventueel via wet- en regelgeving af te dwingen indien nodig. Afstemming op Europees niveau.

# Aanbeveling 4

Stroomlijn bestuurlijke processen

## Organiseer een periodiek bovenregionaal beleidsoverleg

**Aanleiding:** Er vindt op dit moment te beperkt afstemming plaats tussen de regio's. Het is zaak om strategieën en middelen beter af te stemmen, om zo een meer integraal beleid te kunnen voeren.

**Actie:** Initieer een landelijk waterstof-overleg alwaar beleidsmedewerkers van Provincies, Rijk en eventueel gemeenten regelmatig lopende beleidstrajecten kunnen afstemmen.

**Nodig:** Inzet en commitment op meerdere niveaus in de relevante organisaties, zowel ambtelijk als politiek. Zaak is om hierbij ook inhoudelijk experts te betrekken om zo de relevante kennis in te brengen over techniek en de stand van zaken binnen de industrie.

**Wie:** Initiatief Provincies / ROMs. Rol voor kennisinstellingen.

## Versimpel en verkort het traject omtrent (vergunning)aanvraag van waterstof-applicaties

**Aanleiding:** Het aanvragen van vergunningen omtrent decentrale opwek van waterstof in de gebouwde omgeving en mobiliteit is tijdrovend.

**Actie:** Verhelder de visie omtrent lokale, decentrale, opslag, opwek en inzet van groene waterstof, pas daar ook de vergunningstrajecten op aan, en verkort de doorlooptijd van deze trajecten. Deze juridische belemmeringen kunnen funest zijn voor de business case.

**Nodig:** Versimpeling, verduidelijking en uitleg omtrent de aanvraag bij vergunningen waar groene waterstof ingezet en/of opgewekt wordt.

**Wie:** Rol overheid / provinciaal / gemeente.

# Aanbeveling 5

Ontwikkel een  
Nederlandse  
waterstofpropositie  
gericht op internationale  
samenwerking

## Investeer in internationale samenwerking en een Nederlandse propositie

**Aanleiding:** Een stimulans voor innovatie binnen de Nederlandse maakindustrie is nodig. De inzet op een volledig Nederlandse elektrolyser moet echter geen doel op zich zijn maar een springplank voor bedrijven die uiteindelijk internationaal zullen moeten concurreren.

**Actie:** Ontwikkel een Nederlandse waterstofpropositie gericht op internationale samenwerking. Werk aan een sterke nationale positie in samenwerking en vooral in afstemming met internationale netwerken. Dit geldt voor alle hierboven genoemde aanbevelingen, in het bijzonder voor kennisontwikkeling, standaardisering en de uiteindelijke zo nodige marktstimulans.

**Nodig:** De echte kansen zullen uiteindelijk tot stand komen binnen de randvoorwaarden van een Europees speelveld. Nederlandse bedrijven, kennisinstellingen en overheden doen er goed aan om hun regionale of Nederlandse invloed af te stemmen en in te zetten ten behoeve van hun bijdrage aan dit grotere ecosysteem.

**Wie:** Diverse partijen, met name de bedrijven, zijn hier al volop bezig. Het Rijk richt zich op internationale profilering richting EU maar ook Japan en Californië. TNO en FME oriënteren zich op een vervolg op deze verkenning gericht op Frankrijk, België en Duitsland.

# Financiering

## **Financiering**

Om de gestelde ambities te verwezenlijken is behoefte aan een investeringsfonds, voor de financiering van de onrendabele top van grootschalige projecten. Ook is het belangrijk om de noodzakelijke randvoorwaarden te creëren. Dit ondersteunt de Nederlandse klimaatambities én het nationaal verdienvermogen. Dit gezien het grote internationale exportpotentieel voor elektrolyzers, maar ook doordat Nederland door het creëren van een afzetmarkt een internationale proeftuin kan worden voor elektrolyzers.

# Appendix 1: Lijst met bedrijven

Bedrijf	Provincie	Regio	Technologie				Generiek
			Stack-componenten	BOP-componenten	Stack-integratie	Systeem-integratie	
ABB	ZH	West					Generiek
Additive Industries	NB	Zuid					PEM
Admatec	NB	Zuid					PEM
Adsensys	NB	Zuid					Generiek
Althen	ZH	West					Generiek
Ampulz	DR	Noord					PEM
Blue Engineering	LI	Zuid					Generiek
Boessenkool	OV	Oost					Generiek
Bosal	UT	West					Generiek
Bosch Transmission	NB	Zuid					PEM
Bredenoord	GLD	Oost					PEM
Bronckhorst	GLD	Oost					Generiek
Contour	GLD	Oost					Generiek
Coorstek	NB	Zuid					PEM
Cryoworld	NH	West					Generiek
D&M Vacuumsystems	LI	Zuid					Generiek
Delft IMP	ZH	West					Generiek
Delmeco	ZE	Zuid					Generiek
Demaco	NH	West					Generiek
Demcon	OV	Oost					PEM
Diffutherm	NB	Zuid					Generiek
Dufor	GLD	Oost					Generiek
Eekels Technology	GRO	Noord					Generiek
Eurekite	OV	Oost					PEM
Evides	ZH	West					Generiek
Exotech	ZE	Zuid					Generiek
Ferro Techniek	GLD	Oost					Generiek
FINN	GRO	Noord					Alkaline
Fluidwell	NB	Zuid					Generiek
FMI manufacturing	FR	Noord					PEM
Frames Group	ZH	West					PEM
Fuji Film Europe	NB	Zuid					PEM
Gasunie	GRO	Noord					Generiek
GP Groot	NH	West					PEM
Hauzer	LI	Zuid					Generiek
HFI Hartman	GLD	Oost					Generiek

Bedrijf	Provincie	Regio	Technologie				Generiek
			Stack-componenten	BOP-componenten	Stack-integratie	Systeem-integratie	
Hydron Energy	ZH	West					PEM
Hyet Hydrogen	GLD	Oost					PEM
HyGear	GLD	Oost					PEM
Hygro	NH	West					PEM
ICH B.V.	DR	Noord					Generiek
Ionbond	LI	Zuid					Generiek
Kepser Pro Metaal	NB	Zuid					Generiek
KMWE	NB	Zuid					Generiek
Koolen Industries	OV	Oost					Generiek
Lumileds	ZE	Zuid					PEM
Magneto	ZH	West					Generiek
Masevon	FR	Noord					PEM
Metal Membranes	FR	Noord					Alkaline
Mourik	ZH	West					Generiek
MTSA Technopower	GLD	Oost					PEM
MX Polymers	GLD	Oost					PEM
Nedstack	GLD	Oost					Generiek
Nouryon	OV	Oost					Alkaline
Nprox	LI	Zuid					Generiek
NTS Norma	OV	Oost					PEM
Oreel	FR	Noord					Generiek
Port of Rotterdam	ZH	West					Generiek
Prodrive-Technologies	NB	Zuid					Generiek
PTG	NB	Zuid					Generiek
Resato	DR	Noord					Generiek
Stork	GRO	Noord					Generiek
SuwoTec	GRO	Noord					Generiek
Teljin Aramid	GLD	Oost					Generiek
Tieluk	FR	Noord					Alkaline
VDL	NB	Zuid					Generiek
Veco Precision	GLD	Oost					PEM
Xintc Global	GLD	Oost					Alkaline
Yokogawa	UT	West					Generiek
ZEPP solutions	ZH	West					Generiek
Zero Emission Fuels	ZH	West					Alkaline
Zeton	OV	Oost					Generiek

