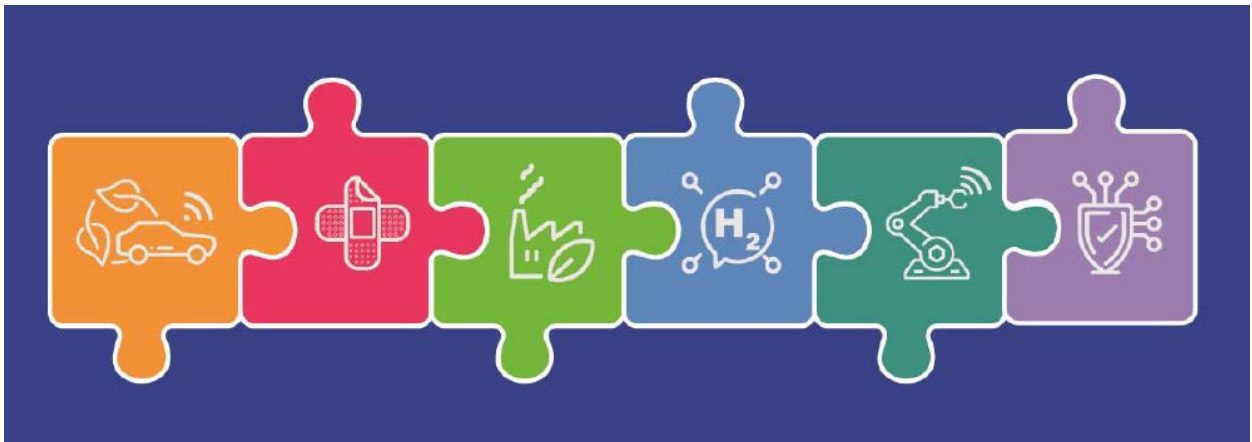




STRATEGISCHE VERKENNING
IMPORTANT PROJECTS OF COMMON EUROPEAN INTEREST
(IPCEI)

DEEL I: WATERSTOF

JULI 2020



VARIO

Vlaamse Adviesraad voor
Innoveren & Ondernemen



Vlaanderen
is ambitieus

De Vlaamse Adviesraad voor Innoveren en Ondernemen (VARIO) adviseert de Vlaamse Regering en het Vlaams Parlement over het wetenschaps-, technologie-, innovatie-, industrie-, en ondernemerschapbeleid. De raad doet dit zowel op eigen initiatief als op vraag. VARIO werd bij besluit opgericht door de Vlaamse Regering op 14 oktober 2016. VARIO werkt onafhankelijk van de Vlaamse Regering en de partijen in het werkveld. De voorzitter en de negen leden van VARIO zetelen in eigen naam:

Lieven Danneels (voorzitter)

Dirk Van Dyck (plaatsvervangend voorzitter)

Katrin Geyskens

Wim Haegeman

Johan Martens

Koen Vanhalst

Vanessa Vankerckhoven

Marc Van Sande

Reinhilde Veugelers

Het secretariaat is gevestigd in Brussel:

Koolstraat 35

1000 Brussel

+32 (0)2 553 24 40

info@vario.be

www.vario.be

STRATEGISCHE VERKENNING
IMPORTANT PROJECTS OF COMMON EUROPEAN INTEREST
(IPCEI)

DEEL I: WATERSTOF

JULI 2020

COLOFON

Ontwerp: Vlaamse Overheid/VARIO
juli 2020

Alle publicaties zijn gratis te downloaden via www.vario.be of via <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties>

Coverfoto © Europese Commissie/Strategic Forum on Important Projects of Common European Interest

AUTEURSRECHT

Alle auteursrechten voorbehouden. Mits de bronvermelding correct is, mogen deze uitgave of onderdelen van deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van VARIO. Een correcte bronvermelding bevat in elk geval een duidelijke vermelding van organisatienaam en naam en jaartal van de uitgave.

INHOUD

MANAGEMENT SAMENVATTING.....	1
EXECUTIVE SUMMARY	6
ADVIES	11
1. Context	11
2. Articulatie adviesvraag	12
3. Voor een goed begrip	12
3.1. Waarvoor staat IPCEI?	12
3.2. Voorwaarden voor IPCEI-projecten	13
3.3. De strategische waardeketens en IPCEI's	15
3.4. Zes (mogelijke) toekomstige strategische waardeketens	15
4. Verkenningsoefening Hydrogen technologies and systems	16
4.1. Context	16
4.1.1. Beleidscontext en initiatieven in Europa/internationaal	16
4.1.2. Initiatieven andere landen	20
4.2. Waarover gaat 'Hydrogen Technologies and Systems'?	21
4.2.1. Ontleding en bespreking van de waterstofwaardeketen	21
4.2.2. IPCEI 'Hydrogen technologies and systems	30
4.3. Waterstof in Vlaanderen	31
4.3.1. Vlaamse beleidscontext	31
4.3.2. Waterstofecosysteem in Vlaanderen	33
4.3.3. Financiering voor waterstofprojecten	49
4.3.4. Uitdagingen en opportuniteiten Vlaamse waterstofwaardeketen	49
5. Aanbevelingen	59
BIJLAGEN	66
1) Bibliografie	
2) Overzicht interviews	
3) Overzichtsnota waterstof in Vlaanderen, EWI, januari 2020	
4) Overzicht expertise in Vlaanderen Waterstof Industrie cluster	
5) Uittreksel expertise FRIS	

MANAGEMENT SAMENVATTING

VARIO werd door viceminister-president Hilde Crevits om advies gevraagd inzake de IPCEI's, de Important Projects of Common European Interest. IPCEI betreft eigenlijk een specifieke rechtsgrondslag van de Europese Commissie (EC) om staatssteun verenigbaar te verklaren met de interne markt. Deze versoepeling is aan de orde voor innovatieve, grensoverschrijdende, ambitieuze en complexe projecten die een hoge mate van technologische, financiële of marktrisico's met zich meebrengen. Eind 2018 werd reeds een eerste IPCEI rond micro-elektronica opgezet. Vlaanderen maakt daar geen deel van uit. Sinds eind 2019 is de IPCEI-batterijen voor elektrische auto's een feit, met deelname van Vlaanderen via Umicore. In opvolging van de Mededeling van de Europese Commissie 'EU Industrial Policy Strategy' van 2017 heeft het Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest eind 2019 zes nieuwe waardeketens geselecteerd die van strategisch belang zijn voor de EU, die een grote mate van coördinatie en samenwerking overheen de lidstaten vereisen en dus 'IPCEI-waardig' zijn. Het gaat om:

- Clean, connected and autonomous vehicles
- Smart health
- Low CO₂ emissions industry
- Hydrogen technologies and systems
- Industrial internet of things (Industrial IOT)
- Cybersecurity

Specifiek vraagt minister Crevits dat VARIO een strategische verkenning en analyse uitvoert van de sterktes en van opportuniteiten die er zich voor Vlaanderen stellen voor deze zes verschillende strategische waardeketens.

Gegeven het feit dat het proces voor de IPCEI 'Hydrogen technologies and systems', de waterstof-IPCEI, in sommige lidstaten uit de startblokken is geschoten en dat de Vlaamse Regering in haar regeerakkoord de ambitie heeft geuit Europees koploper te willen worden in waterstoftechnologie, wil VARIO niet wachten tot de volledige strategische verkenning van alle zes waardeketens is afgerond, maar een voorafname doen voor waterstof, zodat binnen deze waardeketen de juiste beslissingen kunnen worden genomen.

VARIO interpreteert de vraag om advies namelijk tweeledig: naast een strategisch kader om de zes verschillende nieuwe waardeketens onderling af te wegen, vindt de raad het evenzeer belangrijk dat gefundeerde beslissingen worden genomen over de te steunen projecten binnen elk van de waardeketens - weliswaar zonder a priori bedrijven/projecten te willen uitsluiten.

Voorliggend advies bestaat uit twee delen: enerzijds de analyse van het Vlaamse waterstofecosysteem met de bedoeling na te gaan of het inzetten op de IPCEI Hydrogen technologies and systems al dan niet de moeite loont voor Vlaanderen, en anderzijds een reeks aanbevelingen omtrent waterstof in Vlaanderen.

Europese en internationale context

Uit de schets van de context blijkt dat waterstof in en voor Europa, en ook in onze buurlanden, steeds belangrijker wordt. In de European Green Deal bijv. wordt waterstof niet alleen genoemd om de Europese klimaatdoelstellingen te helpen waarmaken, maar wordt deze energie- en klimaattransitie ook gezien als een economische opportuniteit. Dit zien we weerspiegeld in de waardeketen van waterstof: enerzijds is er de route naar het verduurzamen van het energiesysteem zelf, en anderzijds het perspectief dat waterstof biedt om de belangrijke economische sectoren, zoals transport, industrie, ... te helpen koolstofneutraal maken. Vervolgens wordt in de analyse voor een beter begrip dieper ingegaan op elk van deze schakels. Welke zijn de voornaamste manieren om waterstof te produceren en hoe kun je dit proces vergroenen? Hoe wordt waterstof opgeslagen en gedistribueerd? En hoe kan waterstof worden aangewend om de vier 'sectoren' (energie voor mobiliteit, huishoudens, en industrie en grondstof voor de industrie) te helpen vergroenen?

IPCEI Hydrogen technologies and systems

De IPCEI 'waterstof' is een belangrijk instrument om dit te helpen verwezenlijken. Met het oog op IPCEI werd de waterstofwaardeketen door 'Europa' vereenvoudigd tot vijf pistes waarop projecten zouden moeten worden ingezet:

- Generation of hydrogen, mostly via water electrolysis
- Transmission & transportation
- Use of hydrogen for mobility applications, mostly via fuel cell technology
- Industrial use of hydrogen (for process heat, reducing agents or feedstock for the chemical industry or for residential heating (e.g. hospitals or larger communities)
- Storage of hydrogen and the conversion to other energy carriers (synthetic fuels)

Vlaams waterstofecosysteem

Voor het in kaart brengen van het Vlaamse waterstofecosysteem werd op deze IPCEI-indeling voortgebouwd. Omwille van het feit dat IPCEI gericht is op staatssteun aan bedrijven - en zij de potentiële indieners van een project zijn - werd voornamelijk gefocust op het industriële weefsel in Vlaanderen. Dit is heel divers en dekt de hele waardeketen af. Vlaanderen beschikt over heel wat technologische expertise. Deze expertise is bovendien gespreid over elk van de vijf bovenvermelde pistes. Sommige spelers zijn zelfs in meerdere ervan actief. Het gaat zowel om grote bedrijven als kmo's.

Belangrijk daarnaast is dat de IPCEI 'waterstof' ook duidelijke kansen creëert vanuit het oogpunt van de gebruiker (end users). Zo kan waterstoftechnologie sterk bijdragen aan de uitdaging om een CO₂-neutrale regio te worden. De uitdagingen waar Vlaanderen voor staat om de klimaatdoelstellingen te bereiken, zijn enorm, gezien de hoge concentratie aan koolstofintensieve industrie met de chemie-, staal-, petroleum, zelfs non-ferrometaalindustrie in onze regio.

Een extra troef voor Vlaanderen is de Waterstof Industrie cluster en WaterstofNet. De rol die WaterstofNet de voorbije 10 jaar heeft gespeeld in de structurering en netwerking van het Vlaamse innovatielandschap in het domein van waterstof en brandstofcellen is onmiskenbaar. Hoewel ze hun nut al meer dan bewezen hebben, is dit echter een troef die we nog te weinig uitspelen en die een volwaardige plaats verdient.

Maar daar blijft het niet bij: waterstof is ook een thema binnen de werking van de meeste speerpuntclusters en in de interclusterwerking. Ook het belang van O&O&I aan de kennisinstellingen met betrekking tot waterstof mag niet onderschat worden. Die biedt perspectieven op langere termijn voor het aanreiken van oplossingen voor de aangehaalde technologische uitdagingen in de vijf IPCEI-pistes. Ook hier heeft Vlaanderen expertise - vanuit heel diverse hoek - en zelfs een wereldprimeur.

Naast de aanwezigheid van een relatief groot aantal belangrijke technologiespelers, eindgebruikers en ook producenten van hernieuwbare elektriciteit, die gericht samenwerken rond waterstof, onderscheidt Vlaanderen zich ook door een heel track record van unieke Vlaamse demonstratieprojecten die zich aanvankelijk voornamelijk richtten op transport: tankstations, auto's, heftrucks, bussen, vuilniswagens. Deze initiële focus wordt thans verbreed naar de rol die waterstof kan opnemen in de vergroening van ons energiesysteem en de verduurzaming van onze industrie.

Voor wat dit laatste betreft, willen de Vlaamse havens een actieve rol opnemen, wat blijkt uit de vele grote initiatieven die hier op gericht zijn. Bedrijven in 'hard to abate' sectoren voor klimaatneutraliteit (zoals chemie, cement, staal of scheepvaart) en veel logistieke eind gebruikers zijn vaak gevestigd in havengebieden.

Uitdagingen en opportuniteiten

Het bundelen in vijf mogelijke IPCEI-pistes is wellicht ingegeven door de (technologische) uitdagingen die het strategisch forum kon identificeren. Uit de VARIO-analyse kwamen naast deze uitdagingen ook een aantal specifiek Vlaamse knelpunten en opportuniteiten naar voor. In deel 4.3.4 van het advies wordt hierop voor elk van de pistes dieper ingegaan. De uitdagingen en opportuniteiten vormen – samen met de conclusies voor wat het ecosysteem betreft – de basis voor de aanbevelingen. Een paar voorbeelden.

- Zo is de beperkte capaciteit om groene waterstof te produceren een extra uitdaging voor Vlaanderen. Maar dit mag geen struikelblok zijn, vindt VARIO. Het zal er op aankomen ervoor te gaan en om binnen de mogelijke mix van verschillende vormen van duurzame energie, ook het ganse pallet aan productiemogelijkheden voor waterstof - drie niveaus (mega-, meso-, en microschaal) – optimaal in te zetten. De analyse van het ecosysteem toont dat we hiervoor zelfs diverse troeven in handen hebben.
- Waterstof is niet alleen een 'veeleisend' medium wat opslag en distributie betreft en waarvoor O&O&I oplossingen kan aanreiken, maar ook is voldoende en geschikte infrastructuur voor opslag en distributie noodzakelijk. Hier wringt het schoentje. Infrastructuur is een onderdeel van het kip-en-ei-probleem voor waterstof: er wordt geen infrastructuur aangelegd als er geen markt is voor hernieuwbare en koolstofarme waterstof, en de markt zal niet op gang komen als er geen

betrouwbare en kostenefficiënte levering van waterstof is. Tegelijk beschikken we ook over een sterkte: Vlaanderen heeft niet alleen een goed ontwikkeld gasnet waarvan gebruik kan worden gemaakt, we hebben momenteel ook het meest uitgebreide waterstofleidingnetwerk in Europa.

Aanbevelingen

De analyse van VARIO bevestigt dat de keuze voor een waterstof-IPCEI een terechte keuze is, waar de raad volledig achter staat. Onze regio heeft niet alleen een uniek en divers ecosysteem, maar heeft daarnaast heel wat in huis om een sterke waterstofeconomie uit te bouwen en zelfs toonaangevend in Europa te worden, mits de juiste ondersteuning. Een bijkomend argument pro waterstof-IPCEI is de duidelijke synergie en complementariteit met diverse andere IPCEI's, waardoor er onderlinge versterking kan optreden: de reeds lopende batterijen-IPCEI, de 'Clean, connected and autonomous vehicles'-IPCEI en de 'Low CO₂ emissions industry'-IPCEI.

De analyse legt echter ook een aantal zere plekken bloot. Zo ontbreekt het Vlaanderen algemeen aan een strategisch kader met duidelijk afgelijnde regeringsbrede speerpunten. Andere landen en regio's hebben dit vaak wel. Daardoor kan Vlaanderen enerzijds minder wegen op de agendasetting binnen Europa, en moet het vaak ad hoc beslissingen nemen. VARIO vindt het dan ook positief dat de minister deze strategische verkenningsoefening heeft gevraagd.

IPCEI mag ook geen doel op zich zijn, vindt VARIO, maar moet vooral een middel zijn om deze strategische keuzes te versterken. En IPCEI gaat over veel Vlaamse overheidsmiddelen. Het is dan ook aangewezen dat het inzetten van de middelen voor IPCEI-projecten zo optimaal mogelijk gebeurt en maximale 'return on investment' genereert. Daarom moeten binnen elke strategische waardeketen voor de IPCEI-projecten - en in voorliggend geval voor de waterstof IPCEI - goed onderbouwde keuzes worden gemaakt en moet de aanwezige expertise maximaal worden ingezet. Een wel doordacht afwegingskader dringt zich op. VARIO doet hiervoor een aanzet.

In de Vlaamse beleidscontext wordt waterstof in diverse beleidsdocumenten genoemd. Vlaanderen heeft zelfs de ambitie om koploper te worden in waterstof. Meerdere ministers zijn hierbij betrokken o.a. de minister van innovatie en de minister van energie en klimaat. Koploper worden in waterstof houdt echter veel meer in dan enkel het O&O&I-onderdeel ervan, en daarbinnen enkel de IPCEI. Vlaanderen moet zijn geambieerd koploperschap op het vlak van waterstoftechnologie versterkt zien in de implementatie van waterstoftechnologie en -toepassingen voor de realisatie van de eigen Vlaamse energietransitie. Dit vraagt één gestroomlijnd Vlaams beleid, en op zijn minst de alignering van het energiebeleid en het onderzoeks- en innovatiebeleid, waarbij de door het beleidsdomein EWI ingezette middelen maximaal geflankeerd worden door (niet noodzakelijk financiële) ondersteuning vanuit de andere betrokken beleidsdomeinen.

Het belang van een nationale/regionale strategie met nationale/regionale doelstellingen, conform een overkoepelende visie is overduidelijk. En net hier ontbreekt het ons aan in Vlaanderen. Er is geen Vlaamse regeringsbreed gedragen visie/strategisch plan/roadmap voor waterstof ter ondersteuning van de koploperambitie. Dit in tegenstelling tot veel van onze buurlanden. Hierdoor bestaat het risico dat we kansen laten schieten en zelfs onze troeven uit handen geven.

Op 3 april 2020 stelde de Vlaamse Regering 'energie en klimaat' vast als een transversaal thema, en het Vlaams Energie- en Klimaatplan 2021-2030 en de Vlaamse Klimaatstrategie 2050 als transversale beleidsplannen. Een stap in de goede richting, vindt VARIO. Maar dit volstaat bijlange niet. Zo blijft het beleid een 'lappendeken' vormen waar alle initiatieven naast elkaar (en soms zelfs tegen elkaar) blijven werken. De ambitie uit het regeerakkoord moet daarom dringend worden vertaald in concrete doelstellingen voor waterstof in Vlaanderen.

Opdat de investeringen in de IPCEI ten volle zouden renderen, moeten de investeringen in het ontwikkelen van de waterstoftechnologie (beleidsdomein EWI) ook hand in hand gaan met investeringen in waterstofinfrastructuur. Het uitbouwen/ontwikkelen van de nodige infrastructuur vereist zware financiële inspanningen.

Ook een gunstig wet- en regelgevend kader, en het identificeren en wegwerken van wetgevende hinderpalen daaromtrent, zijn cruciaal. Ook hier is een goede afstemming tussen de beleidsdomeinen EWI-Energie belangrijk. Afstemming is niet enkel nodig op het Vlaamse niveau maar ook met het federale, gezien de bevoegdheden m.b.t. energie en klimaat zowel op regionaal als nationaal vlak liggen. De complexe bevoegdheidsverdeling is een pijnpunt.

Een belangrijke vraag is ook hoe we best de complexe financieringspuzzel kunnen leggen en wat de optimale combinatie is van financieringsinstrumenten (subsidies, investeringen), niet alleen vanuit EWI en vanuit het engagement van de ondernemingen zelf, maar ook middelen vanuit andere beleidsdomeinen of andere beleidsniveaus (federaal, Europees). VARIO raadt aan om alle potentiële financieringsmogelijkheden te benutten om de nodige middelen te voorzien voor ambitieuze waterstofprojecten.

Om de bedrijven in de waterstofwaardeketen te verankeren, competitief te houden en te laten groeien naar uitmuntendheid op een Europese markt, moeten de in aanmerking komende projecten binnen de IPCEI adequate financiering krijgen. Te meer daar de onzekerheden, de hoge kost gelinkt en de administratieve last m.b.t. de ambitieuze waterstofprojecten aanzienlijk zijn. Voor kleinere landen met beperkte financieringsmiddelen kan dit een potentieel knelpunt vormen. Bedrijven kunnen ervoor kiezen om niet (meer) in Vlaanderen te investeren gezien de beperkte beschikbare middelen in vergelijking met andere landen, wat zou kunnen leiden tot een 'competentie'-drain naar andere Europese landen en een verlies van onze unieke situatie van een breed industrieel weefsel over de hele waardeketen van waterstof.

Het komt erop aan het IPCEI-instrument, dat voorziet in een vrijstelling van staatssteunregels, ten volle te benutten. Niet alleen door dit in te bedden in een groter geheel via een systeembenadering. Maar ook door na te denken over de steunverlening zelf. Dit zou in bepaalde gevallen kunnen betekenen dat ook van de huidige subsidieregels uit bijv. de O&O-besluiten en de STRES-regelgeving moet kunnen worden afgeweken om het volledige voordeel van het IPCEI-instrument (d.w.z. tot 100% vrijstelling van de staatssteunregels) te kunnen gebruiken ten voordele van de Vlaamse economie.

EXECUTIVE SUMMARY

VARIO was asked by Vice minister-president Hilde Crevits for advice on the IPCEIs, the Important Projects of Common European Interest. IPCEI actually concerns a specific legal ground for the European Commission (EC) to declare state aid compatible with the internal market. It is applicable to innovative, cross-border, ambitious and complex projects that involve a high degree of technological, financial or market risks. A first IPCEI on microelectronics was already set up at the end of 2018. Flanders is not part of that. The IPCEI batteries for electric cars, in which Flanders is participating through Umicore, started at end of 2019. End 2019, as a follow-up to the Communication of the European Commission *'EU Industrial Policy Strategy'* of 2017, the Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest selected six new value chains of strategic importance to the EU, which require a high degree of coordination and cooperation across member states and are therefore 'IPCEI worthy'. These are:

- Clean, connected and autonomous vehicles
- Smart health
- Low CO2 emissions industry
- Hydrogen technologies and systems
- Industrial internet of things (Industrial IOT)
- Cybersecurity

More specifically, Minister Crevits asks VARIO to carry out a strategic study and analysis of the strengths and opportunities that exist for Flanders in these six different strategic value chains.

In view of the fact that the process for the 'hydrogen'-IPCEI has kicked off in some member states, and that the Flemish government has expressed in its government-agreement the ambition to become the European leader in hydrogen technology, VARIO does not want to wait until the complete strategic exploration of all six value chains has been completed, but already presents its analysis for hydrogen so that the right decisions can be taken within this value chain.

VARIO's interpretation of the request for advice is namely twofold: in addition to a strategic analysis for assessing the six different new value chains, the council considers it equally important to make informed decisions about the projects to be supported within each of the value chains - albeit without a priori excluding companies/projects.

The present advice consists of two parts: on the one hand, the analysis of the Flemish hydrogen ecosystem with the aim to determine whether or not deployment on the IPCEI Hydrogen technologies and systems is worthwhile for Flanders, and on the other hand, a series of recommendations in this respect.

European and international context

The outlined context shows that hydrogen is becoming increasingly important in and for Europe, as in our neighbouring countries. In the European Green Deal, for example, hydrogen is not only mentioned as a means to help meet Europe's climate targets, but this energy and climate transition is also seen as an

economic opportunity. This is reflected in the hydrogen value chain: on the one hand there is the route to making the energy system itself more sustainable, and on the other hand there is the perspective that hydrogen offers to help the important economic sectors, such as transport, industry, ... to become carbon neutral. For a better understanding of the matter, we then go deeper into each of the links of the value chain. What are the main methods of producing hydrogen and how can this process be made 'greener'? How is hydrogen stored and distributed? And how can hydrogen be used to help decarbonising the four 'sectors' (energy for mobility, households, and industry and raw materials for industry)?

IPCEI Hydrogen technologies and systems

The IPCEI 'hydrogen' is an important tool to help achieve this. In view of IPCEI-projects, the hydrogen value chain has been simplified by 'Europe' into five routes on which projects should be deployed:

- Generation of hydrogen, mostly via water electrolysis
- Transmission & transportation
- Use of hydrogen for mobility applications, mostly via fuel cell technology
- Industrial use of hydrogen (for process heat, reducing agents or feedstock for the chemical industry or for residential heating (e.g. hospitals or larger communities))
- Storage of hydrogen and the conversion to other energy carriers (synthetic fuels)

Flemish hydrogen ecosystem

For the mapping of the Flemish hydrogen ecosystem, this IPCEI classification was built upon. Given the fact that IPCEI focuses on state aid to companies - and they are the potential applicants - the main focus was on the industrial fabric in Flanders. This is very diverse and covers the entire value chain. It concerns both large companies and SMEs. Flanders has a great deal of technological expertise. This expertise is also spread over each of the five routes mentioned above. Some players are even active in several of them.

In addition, the IPCEI 'hydrogen' also creates clear opportunities from the perspective of the end users. For example, hydrogen technology can make a strong contribution to becoming a CO₂-neutral region. The challenges Flanders is facing in achieving its climate objectives are enormous, given the high concentration of carbon-intensive industry with the chemical, steel, petroleum and even non-ferrous metal industries in our region.

An extra asset for Flanders is the Hydrogen Industry cluster and HydrogenNet. The role that HydrogenNet has played over the past 10 years in the structuring and networking of the Flemish innovation landscape in the field of hydrogen and fuel cells is undeniable. Although they have already more than proved their value, this is an asset that we are not yet playing out enough and that deserves a full-fledged role.

But it doesn't stop there: hydrogen is also a theme within the operation of most of the spearhead clusters and in inter-cluster activities. The importance of R&D&I from carried out at the knowledge institutes in relation to hydrogen should not be underestimated either. It offers longer-term prospects for providing solutions to the technological challenges identified in the five IPCEI routes. Here, too, Flanders has expertise - from very different angles - and even a world premiere.

Besides the presence of a relatively large number of important technology players, end users, and producers of renewable electricity, collaborating on hydrogen, Flanders also distinguishes itself by a track

record of unique Flemish demonstration projects. Those initially focussed mainly on transport: petrol stations, cars, forklift trucks, buses, garbage trucks. The focus is now being broadened to the role that hydrogen can play in decarbonising our energy system and making our industry more sustainable.

As far as the latter is concerned, the Flemish ports want to take an active role, as shown by the many major initiatives aimed at this. Companies in 'hard to abate' sectors for climate neutrality (such as chemicals, cement, steel or shipping) and logistics are often located in port areas.

Challenges and opportunities

The grouping into five possible IPCEI routes may have been prompted by the (technological) challenges that the strategic forum was able to identify. In addition to these challenges, the VARIO analysis also identified a number of specifically Flemish bottlenecks and opportunities. In section 4.3.4 of the report, this is discussed in more detail for each of the routes. The challenges and opportunities - together with the conclusions regarding the ecosystem - form the basis for the recommendations. A few examples.

- The limited capacity to produce 'green' hydrogen is an additional challenge for Flanders. But this should not be a stumbling block, according to VARIO. It will be a matter of going for it and, within the smart mix of different forms of sustainable energy, also of making optimal use of the entire range of production facilities for hydrogen – the three levels (mega-, meso-, and micro-scale). The analysis of the ecosystem shows that we even have several strengths to this end.
- Hydrogen is not only a 'demanding' medium in terms of storage and distribution, but also requires sufficient and appropriate infrastructure for storage and distribution. This is a problem: infrastructure is a part of the chicken-and-egg problem for hydrogen: infrastructure is not built if there is no market for renewable and low-carbon hydrogen, and the market will not take off if there is no reliable and cost-efficient delivery of hydrogen. At the same time, we also have a strength: Flanders not only has a well-developed gas network that can be used, we also have the most extensive hydrogen pipeline network in Europe.

Recommendations

VARIO's analysis confirms that the choice of a hydrogen IPCEI is a valid one, which the Board fully supports. Not only does our region enjoy a unique and diverse ecosystem, but it also has a lot to offer in order to build a strong hydrogen economy and even become a leader in Europe. Provided the right support is given. An additional argument pro hydrogen-IPCEI is the clear synergy and complementarity with several other IPCEIs, which can reinforce each other: the already existing battery-IPCEI, the 'Clean, connected and autonomous vehicles'-IPCEI and the 'Low CO₂ emissions industry'-IPCEI.

However, the analysis also reveals a number of sore spots. For example, Flanders generally lacks a strategic framework with clearly defined government-wide spearheads. Other countries and regions often do set priorities. As a consequence, Flanders can weigh less on the agenda setting within Europe, on the one hand, and often has to take ad hoc decisions on the other hand. VARIO therefore finds it positive that the Minister requested this strategic exploration exercise.

IPCEI should not be an objective in itself, VARIO says, but should above all be a means to strengthen these strategic choices. And IPCEI involves a lot of Flemish government funding. It is therefore advisable to use the resources for IPCEI projects as optimally as possible and to make sure they generate maximum 'return

on investment'. Therefore, within each strategic value chain for the IPCEI projects - and in the present case for the hydrogen IPCEI - well-founded choices need to be made and the available expertise needs to be put to maximum use. A well-considered assessment framework is required. VARIO offers the outcome of this exercise as a step in this direction.

In the Flemish policy context hydrogen is mentioned in several policy documents. Flanders even has the ambition to become a frontrunner in hydrogen. Several ministers are involved in this, including the Minister of Innovation and the Minister of Energy and Climate. However, becoming a frontrunner in hydrogen implies much more than just the R&D&I part of it, and within this the IPCEI. Flanders must strengthen its ambition to be a leader in the field of hydrogen technology in the implementation of hydrogen technology and applications for the realisation of Flanders' own energy transition. This requires one single streamlined Flemish policy, and at least the alignment of the energy policy and the research and innovation policy, whereby the resources deployed by the EWI policy domain are backed up as much as possible by (not necessarily financial) support from the other policy domains involved.

The importance of a national/regional strategy with national/regional objectives in line with an overarching vision is obvious. And it is precisely that what is lacking in Flanders. There is no Flemish government-wide vision/strategic plan/roadmap for hydrogen to support the frontrunner ambition. This is in contrast to many of our neighbouring countries. As a result, there is a risk that we will miss out on opportunities and even pass on our strengths.

On April 3, 2020, the Flemish Government adopted 'energy and climate' as a transversal theme and the Flemish Energy and Climate Plan 2021-2030 and the Flemish Climate Strategy 2050 as transversal policy plans. A step in the right direction, according to VARIO. But this is far from sufficient. The policy thus remains a 'patchwork quilt' where all initiatives work side by side (and sometimes even against each other). The ambition from the Government Agreement therefore urgently needs to be translated into concrete targets for hydrogen in Flanders.

For the IPCEI to be fully profitable, investments in the development of hydrogen technology (EWI policy area) must also go hand in hand with investments in hydrogen infrastructure. Building/developing the necessary infrastructure requires substantial financial efforts.

A favourable legislative and regulatory framework, as well as the identification and removal of related legislative barriers, are equally crucial. Here, too, good coordination between the policy areas of EWI-Energy is important. Coordination is not only necessary at the Flemish level, but also with the federal level, given that the competences with regard to energy and climate are both regional and national. The complex division of competences is a sore point.

An important question is also how to best solve the complex financing puzzle and what the optimal combination of financing instruments is (grants, investments), not only from EWI and the commitment of the enterprises themselves, but also resources from other policy areas or other policy levels (federal, European). VARIO recommends using all potential financing options to provide the necessary resources for ambitious hydrogen projects.

Finally, in order to anchor the companies in the hydrogen value chain, keep them competitive and grow towards excellence in a European market, eligible projects within IPCEI should receive adequate funding. All the more as the uncertainties, high costs and administrative burden associated with the ambitious hydrogen projects are considerable. This could be a potential bottleneck for smaller countries with limited

funding resources. Companies may choose not to invest (anymore) in Flanders in view of the limited resources available in comparison with other countries, which could lead to a 'competence' drain to other European countries and a loss of our unique situation of a broad industrial structure across the entire hydrogen value chain.

Therefore the Council calls for full use to be made of the IPCEI instrument, which provides for an exemption from state aid rules. This means that it should be made possible to deviate from the current subsidy rules in e.g. the R&D- and STRES regulations, in order to use the full advantage of the IPCEI instrument (i.e. up to 100% exemption from the state aid rules) to the benefit of the Flemish economy.

ADVIES

1. CONTEXT

Begin 2020 werd VARIO door minister Crevits om advies gevraagd inzake de IPCEI's: *“samen met mij heeft u kunnen vaststellen dat het industriebeleid een steeds belangrijker dossier wordt voor de Europese Commissie. Een nieuw instrument van Europa om de internationale competitiviteit van de Europese industrie te ondersteunen zijn de zgn. IPCEI's (belangrijke projecten van gemeenschappelijk Europees belang - Important Projects of Common European Interest).*

Via deze grote projecten wil de EU-mededingingsautoriteit de lidstaten de mogelijkheid geven om de vorming van Europese waardeketens te stimuleren met steun voor O&O, maar ook voor de eerste uitrusting van pilootfabrieken. De EC heeft een achttal domeinen geïdentificeerd waarbinnen ze projecten wil stimuleren gaande van batterijen voor de elektrische auto over waterstof tot cybersecurity.”

Ik vraag nu aan VARIO om een strategische verkenning en analyse uit te voeren van de sterktes en opportuniteiten die er zich voor Vlaanderen stellen voor de verschillende mogelijke IPCEI's.

- *Waar hebben we uitmuntende onderzoekers?*
- *Waar zijn de bedrijven die een cruciale schakel kunnen worden in een nieuwe EU-waardeketen?*
- *Waar zitten risico's als we niet zouden meedoen?*

We gaan immers keuzes moeten maken op welke projecten we met onze kennisinstellingen en industrie prioritair willen inzetten. Een ding is vandaag duidelijk: we kunnen niet op alles inzetten. Onze middelen moeten we focussen en daarvoor hebben we de nodige onderbouwing nodig. VARIO kan daartoe een belangrijke insteek leveren.”

In haar regeerakkoord 2019-2024 drukt de Vlaamse Regering alvast de intentie uit om hier op in te spelen: *“We hanteren een meer strategische aanpak van de Important Projects of Common European Interest (IPCEI), en voorzien hiervoor de nodige middelen.”*

In haar beleidsnota Economie, Wetenschapsbeleid en Innovatie² bouwt Minister Crevits hier op voort:

“Via IPCEI-projecten (Important Projects of Common European Interest) wil de EU de lidstaten stimuleren om middelen te bundelen in grote projecten die bijdragen aan de concurrentiekracht van de Unie. Europa voorziet de mogelijkheid tot een ruimere toekenning van staatssteun. We hanteren voor de IPCEI een Vlaamse strategische aanpak en ondersteunen voor Vlaanderen relevante projecten via de middelen voor innovatiebeleid. De deelname aan deze belangrijke projecten zorgt er immers voor dat Vlaamse bedrijven, en ook kmo's, kunnen aansluiten bij nieuwe Europese waardeketens voor toekomstgerichte innovaties. We willen van deze mogelijkheid gebruik maken om het economisch weefsel in Vlaanderen te versterken en bedrijven hier te verankeren. We volgen het Europees beleid op en werken een strategisch kader uit

¹ Vlaamse Regering 2019-2024 regeerakkoord pp. 40. Oktober 2019

² Beleidsnota Economie, Wetenschapsbeleid en innovatie (2019-2024) ingediend door viceminister-president Hilde Crevits, Vlaams minister van Economie, Innovatie, Werk, Sociale Economie en Landbouw, pp. 19-20. 8 november 2019.

voor deelname aan IPCEI's op basis van toegevoegde waarde voor Vlaanderen. Een eerste IPCEI waaraan we zullen deelnemen is de uitbouw van een waardeketen voor batterijen.”

2. ARTICULATIE ADVIESVRAAG

VARIO interpreteert de vraag om advies tweeledig: naast een strategisch kader om de zes verschillende 'nieuwe' waardeketens onderling af te wegen, vindt de raad het evenzeer belangrijk dat gefundeerde beslissingen worden genomen over de te steunen projecten binnen elk van de waardeketens - weliswaar zonder a priori bedrijven te willen uitsluiten.

De zes waardeketens die op 5 november 2019 werden geïdentificeerd door het Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest zijn:

- Clean, connected and autonomous vehicles
- Smart health
- Low CO₂ emissions industry
- Hydrogen technologies and systems
- Industrial internet of things (Industrial IOT)
- Cybersecurity

Begin dit jaar werd de oproep voor het indienen van 'expressions of interest' voor de waterstof-IPCEI door de FOD Economie gelanceerd, met begin juni als deadline voor de projectvoorstellen. Heel recent bracht Duitsland 'Die nationale Wasserstoffstrategie' uit. Dit zou een katalysator kunnen zijn voor het proces op Europees niveau. Gezien deze tijdsdruk en gegeven het feit dat de Vlaamse Regering in haar regeerakkoord de ambitie heeft geuit Europees koploper te willen worden in waterstoftechnologie, wil VARIO niet wachten tot de volledige strategische verkenning van alle zes waardeketens is afgerond maar een voorafname doen voor waterstof zodat binnen deze waardeketen de juiste beslissingen kunnen worden genomen.

Met voorliggende analyse, die opportuniteiten en valkuilen aangeeft, en de hieruit voortvloeiende aanbevelingen, wil de raad elementen aanreiken aan de Vlaamse overheid om – mede via IPCEI – het vooropgestelde doel te helpen waarmaken.

3. VOOR EEN GOED BEGRIP

3.1. **Waarvoor staat IPCEI?**

IPCEI's (Important Projects of Common European Interest) bieden een kans om het bestaande marktfaalen te overwinnen en particuliere investeringen te stimuleren, er tegelijk voor zorgend dat het gelijke speelveld op de interne markt niet wordt verstoord.

Er zijn immers situaties waarin de markt alleen geen voldoende resultaten kan opleveren. Dit is het geval voor innovatieve, grensoverschrijdende, ambitieuze en complexe projecten, die een hoge mate van technologische, financiële of marktrisico's met zich meebrengen, coördinatie en samenwerking tussen meerdere marktdeelnemers binnen een waardeketen vereisen en positieve spill-over effecten genereren die verder reiken dan de investeerders. Deze projecten brengen vaak aanzienlijke risico's met zich mee, die particuliere investeerders niet zelf willen/kunnen dragen. Men spreekt dan van een marktfalen. In dergelijke gevallen kan overheidssteun van verschillende lidstaten die samenwerken noodzakelijk zijn om het marktfalen te ondervangen en de zgn. funding gap (zie 3.2) te dichten.

IPCEI is een 'initiatief' van de Europese Commissie, DG for Competition en DG for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. De notie van IPCEI is opgenomen onder Art. 107(3)(b) TFEU als onderdeel van de regels m.b.t. staatssteun. De mededeling betreffende de IPCEIs werd reeds goedgekeurd in 2014, maar werd tot voor kort slechts heel beperkt gebruikt. IPCEI is zelf geen steunkader en de EC voorziet geen financiële ondersteuning in de context van IPCEI's - het betreft een specifieke rechtsgrondslag voor de EC om staatssteun verenigbaar te verklaren met de interne markt. IPCEI betreft dus enkel de toelating aan de lidstaten om de beperking die Europa oplegt wat het percentage staatssteun aan de (private)actoren betreft, te overschrijden (kan bij IPCEI in principe tot 100%). Een onderneming kan financiering aanvragen voor verschillende deelprojecten van een IPCEI in verschillende lidstaten van de EU. De goedkeuring van de EC is nodig omdat er mogelijks grote marktversturende effecten zich kunnen voordoen.

3.2. Voorwaarden voor IPCEI-projecten

IPCEI betreffen transnationale projecten van voor de EU strategisch belang. De projectsteun moet een duidelijke bijdrage leveren aan economische groei, banen en concurrentievermogen van de EU. Een IPCEI-project moet aan twee voorwaarden voldoen: (1) nut hebben voor de competitiviteit van de EU en (2) marktfalen opvangen.

Drie 'type' projecten zijn mogelijk³:

- Art. 21. O&O&I-projecten moeten bijzonder innovatief zijn of in termen van O&O&I aanzienlijk toegevoegde waarde opleveren in het licht van de huidige stand van de techniek in de betrokken sector.
- Art. 22. Projecten die industriële toepassing (First Industrial Deployment – FID) omvatten, moeten de ontwikkeling mogelijk maken van een nieuw product of een nieuwe dienst met een sterke onderzoeks- en innovatiecomponent en/of ontwikkeling van een fundamenteel innovatief productieproces. Regelmatige bijwerkingen zonder innovatieve dimensie van bestaande faciliteiten en de ontwikkeling van nieuwe versies van bestaande producten kwalificeren niet als belangrijke projecten van gemeenschappelijk Europees belang.
- Art. 23. Milieu-, energie-, of mobiliteitsprojecten moeten van groot belang zijn, hetzij voor de strategie van de Unie op het gebied van milieu, energie (met inbegrip van de voorzieningszekerheid) of mobiliteit, hetzij door hun aanzienlijke bijdrage tot de interne markt, onder meer voor die specifieke sectoren.

³ Zie ook: Europese Commissie – mededeling van de commissie; Criteria voor de beoordeling van de verenigbaarheid met de interne markt van staatssteun ter bevordering van de verwezenlijking van belangrijke projecten van gemeenschappelijk Europees belang (2014/C 188/02).

Projecten moeten aan de volgende voorwaarden voldoen⁴:

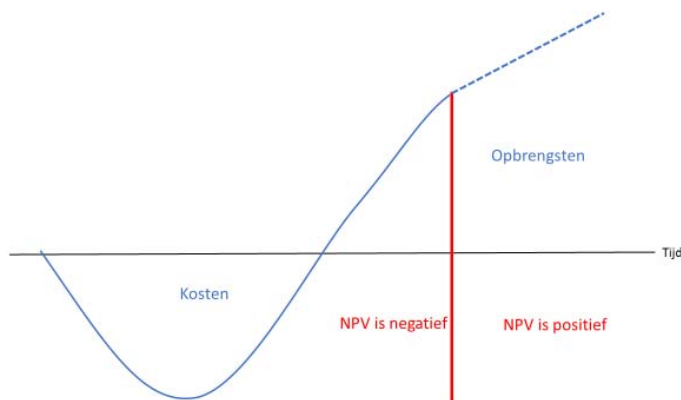
- Bijdragen aan strategische EU-doelstellingen;
- Meerdere lidstaten moeten er bij betrokken zijn;
- De begunstigden ervan moeten ook voor particuliere financiering zorgen;
- Het project moet positieve overloopeffecten in de hele EU opleveren;
- Project moet bijzonder ambitieus zijn in termen van onderzoek en innovatie (d.w.z. moet verder gaan dan wat over het algemeen als 'state-of-the-art' in betrokken sector geldt.

Het betreft dus geen massaproductie of commerciële activiteiten. Steun aan IPCEI-projecten kunnen marktverstorende elementen omvatten. Daarom is het belangrijk dat aan bovenvermelde voorwaarden voldaan wordt.

Er wordt wel een zeer groot engagement voor cofinanciering gevraagd van de private actoren.

Er moet ook een zogenaamde 'funding gap' (zie Figuur 1) zijn: op het einde van het project mag dit nog niet winstgevend zijn. M.a.w. er moet een negatieve NPV (net present value) of negatieve netto contante waarde zijn. De funding gap komt overeen met het verschil tussen de negatieve en positieve NPV waarbij de Commissie de steun wenst te beperken tot wat minimaal vereist is om het project te laten doorgaan, dus om de negatieve NPV tot nul te brengen. Dit dient ter verantwoording voor de toelating voor hogere staatssteun door de lidstaten. De staatssteun van de lidstaten mag dus maximaal 100% van de funding gap omvatten.

Figuur 1: Voorstelling funding gap



Daarnaast is er ook de specifieke vereiste van spill-overs, met de bedoeling om een deel van de resultaten en kennis ruimer te delen met het ecosysteem en de maatschappij. De bedrijven krijgen de mogelijkheid

⁴ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6705

voor een verruiming van staatsteun, maar hiertegenover staat een engagement voor een bredere disseminatie en deling van kennis.

3.3. De strategische waardeketens en IPCEI's

IPCEI kan worden gebruikt om het concurrentievermogen van strategische waardeketens te versterken wanneer het gaat om nieuwe baanbrekende technologieën. Volgens het rapport van het strategisch forum (zie 3.4) wordt de term 'waardeketen' geassocieerd met *"zowel een reeks onderling afhankelijke economische activiteiten die een toegevoegde waarde creëren rond een product, proces of dienst, als met een groep onderling verbonden economische actoren die in een strategisch netwerk van ondernemingen van verschillende grootte, met inbegrip van kmo's, sectoren en grenzen, actief zijn"*.

Strategische waardeketens zijn van systemisch belang en leveren een duidelijke bijdrage aan de groei, de werkgelegenheid en het concurrentievermogen. Zij worden gekenmerkt door de volgende drie dimensies:

- technologisch innovatievermogen, d.w.z. dat de waardeketen gebaseerd is op de exploitatie van strategische sleuteltechnologieën, technologische doorbraken, belangrijke resultaten van O&O of verstorende innovatie (bijv. autonoom rijden, koolstofarme technologieën).
- economisch en marktpotentieel, d.w.z. de waardeketen heeft een aanzienlijk economisch gewicht, feitelijk of potentieel.
- maatschappelijk en politiek belang voor Europa, d.w.z. de waardeketen levert een belangrijke bijdrage aan de Europese maatschappelijke uitdagingen en/of beleidsdoelstellingen (bijv. klimaatverandering, vergrijzing). De waardeketen is ook van groot belang voor de veiligheid en de autonomie van Europa. In een wereld waarin steeds meer industriële processen volledig met elkaar verbonden zijn, moeten bepaalde sleuteltechnologieën in Europa zelf worden geproduceerd en intellectueel eigendom worden om een zekere mate van technologische onafhankelijkheid te bereiken, bijvoorbeeld op het gebied van kritieke infrastructuur, componenten of intellectuele eigendom, teneinde de economische veiligheid te waarborgen.

Eind 2018 werd reeds een eerste IPCEI rond micro-elektronica opgezet. Vlaanderen maakt daar geen deel van uit. Sinds eind 2019 is de IPCEI-batterijen voor elektrische auto's een feit, met deelname van Vlaanderen via Umicore

3.4. Zes (mogelijke) toekomstige strategische waardeketens

Volgend op de mededeling van de EC *'EU Industrial Policy Strategy'* in 2017 werd een Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest opgezet (operationeel sinds mei 2018). Dit is een high level expert group die uit 45 leden bestaat uit de verschillende lidstaten en waarin de verschillende geledingen vertegenwoordigd zijn (vertegenwoordigers van lidstaten, het bedrijfsleven en de onderzoeksgemeenschap). Voor Vlaanderen zijn Johan Hanssens, secretaris-generaal dept. EWI, Jo De Boeck, Chief Strategic Officer Imec en Egbert Lox, Senior Vice President Government Affairs Umicore, lid.

Zoals eerder vermeld heeft dit strategisch forum, op basis van een analyse van Europa's industrieel landschap en de potentiële impact op Europa's industriële competitiviteit, klimaatambities, strategische autonomie en veiligheid, en op basis van de bereidheid van de lidstaten en industrie om gezamenlijke en gecoördineerde activiteiten te ontplooiën, vertrekkend van een zeventigtal potentiële strategische

Europese waardenketens, zes kern strategische waardeketens als prioriteiten aangewezen waar samenwerking op Europees vlak en het bundelen van middelen aangewezen is⁵:

- Clean, connected and autonomous vehicles
- Smart health
- Low CO₂ emissions industry
- Hydrogen technologies and systems
- Industrial internet of things (Industrial IOT)
- Cybersecurity

In de toekomst kunnen er in de context van deze zes voorgestelde strategische waardeketens IPCEI-projecten opgezet worden, maar dit hoeft niet. Deze voorgestelde strategische waardeketens zijn geen 'vast' gegeven zijn. Het is mogelijk dat er voor bepaalde strategische waardeketens geen specifieke IPCEI's opgezet worden, of dat er voor een strategische waardeketen meerdere (sub) IPCEI's opgezet worden.

Tevens kunnen voor bepaalde strategische waardeketens andere type initiatieven – buiten IPCEI's – geïnitieerd worden.

4. VERKENNINGSOEFENING HYDROGEN TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

De verkenningsoefening gebeurde op basis van desk research (lijst geraadpleegde werken in bijlage 1), op basis van interviews en insteek van diverse actoren in Vlaanderen en de medewerking van collega's van het departement EWI, van VLAIO en het beleidsdomein OMG (lijst in bijlage 2). Voor een schets van het onderzoek aan de kennisinstellingen, werd een beroep gedaan op FRIS⁶ (bijlage 5).

4.1. Context

4.1.1. Beleidscontext en initiatieven in Europa/internationaal

De opwarming van de aarde en de daarmee gepaard gaande verandering van het klimaat als gevolg van de stijgende concentratie aan CO₂ en andere door de mens geproduceerde broeikasgassen in de atmosfeer, vormt vandaag een grote uitdaging. De EU streeft ernaar de uitstoot van broeikasgassen tegen 2030 met 40% en tegen 2050 zelfs met 80-95% te verminderen. In 2015 ondertekenden en ratificeerden de 28 lidstaten van de EU het akkoord van de Conferentie van de Partijen (COP21) in Parijs om de opwarming van de aarde *"ver onder 2 graden Celsius boven het pre-industriële niveau te houden en de inspanningen om de temperatuurstijging nog verder te beperken tot 1,5 graden Celsius voort te zetten"*. Dit vereist dat de manier waarop de EU energie opwekt, distribueert, opslaat en verbruikt, radicaal verandert. Er is een vrijwel koolstofvrije energieopwekking nodig, een grotere energie-efficiëntie en een reductie van de CO₂-emissie van het vervoer, de gebouwen en de industrie. Waterstof wordt hierin steeds meer genoemd als

⁵ <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/-/strengthening-strategic-value-chains-for-a-future-ready-eu-industry-report-of-the-strategic-forum-for-important-projects-of-common-european-interest?inheritRedirect=true>

⁶ Flanders Research Information Space, dept. EWI

de energiedrager⁷ van de toekomst en *"the missing link in the energy transition"* (Hydrogen Roadmap Europe, FCH JU, 2019⁸).

Voorwaarde hiervoor is uiteraard dat waterstof geproduceerd wordt via propere en duurzame processen. In tegenstelling tot andere duurzame alternatieven, zoals biobrandstof bijv., heeft waterstof het voordeel van een 'snelle cyclus', is groene waterstof koolstofneutraal terwijl die ook niet in concurrentie komt met de voedselproductie. Wereldwijd erkennen steeds meer landen de noodzaak en potentie ervan.

Omdat 'koolstofarme' waterstof in de overgang naar een koolstofneutrale wereld een essentiële rol kan spelen, staat dit tegenwoordig erg in de belangstelling. In de Europese communicaties *'A Clean planet for all'*⁹ en *'The European Green Deal'*¹⁰ heeft waterstof een prominente plaats gekregen. De rol die waterstof in de globale energietransitie kan spelen wordt ook onderschreven in recente rapporten van internationale organisaties zoals het International Energy Agency (IEA)¹¹, het International Renewable Energy Agency (IRENA)¹² en de International Hydrogen Council¹³ (Overzichtsnota waterstof, EWI, jan 2020, bijlage 3).

Naast de bijdrage die waterstof kan leveren aan het klimaatbeleid, wordt het ook gezien als een belangrijk middel om de energiemix te diversifiëren en minder afhankelijk te worden van de invoer van aardolie en aardgas.

Met *'The European Green Deal'* wil Europa de energie- en klimaattransitie ook aanwenden als een economische opportuniteit. De sector van waterstof en waterstoftechnologieën wordt beschouwd als veelbelovend, met groeipotentieel, en waar Europa wereldwijd technologisch leiderschap kan opnemen (Overzichtsnota waterstof, EWI, jan 2020, bijlage 3). Ook in de mededeling van de EC *'A New Industrial Strategy for Europe'*¹⁴ waarmee men de Europese industrie wil helpen in de transitie naar klimaatneutraliteit en naar digitaal leiderschap, krijgt propere waterstof een belangrijke rol toebedeeld.

Waterstof houdt duidelijk een potentieel in voor een transitie naar een duurzame economie en om het Europese 'innovation and technological leadership' een boost te geven. Op Europees en internationaal vlak zijn er dan ook heel wat initiatieven en samenwerkingsverbanden aanwezig en roadmaps ontwikkeld die dit mogelijk maken. Een (niet exhaustief) overzicht:

⁷ Waterstof is zelf geen energiebron maar een tussenliggend medium voor het opslaan en transporteren van energie. Zoals elke andere energiedrager moet het worden geproduceerd uit een primaire energiebron.

⁸ Hydrogen Roadmap Europe, FCH JU (2019)

⁹ A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy; COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK (COM/2018/773 final) (2018)

¹⁰ The European Green Deal, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (COM(2019) 640 final) (2019)

¹¹ The Future of Hydrogen Seizing today's opportunities Technology report, International energy agency (June 2019)

¹² Hydrogen, a renewable energy perspective, Report prepared for the 2nd Hydrogen Energy Ministerial Meeting in Tokyo, Japan (SEPTEMBER 2019)

¹³ How Hydrogen Empowers the Energy Transition, Hydrogen council (januari 2017)

¹⁴ A New Industrial Strategy for Europe, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (maart 2020)

De Europese Joint Undertaking Hydrogen and Fuel Cells (FCH JU)

Met als doel de marktintroductie van deze technologieën te versnellen en hun potentieel als instrument voor het bereiken van een koolstofarm energiesysteem waar te maken, werd voor 'Fuel Cells and Hydrogen' reeds in 2008 de Europese Joint Undertaking Hydrogen and Fuel Cells (FCH JU), (een Europees publiek privaats partnership voor onderzoek en innovatie in dit domein), opgestart.¹⁵ De FCH JU vloeide zelf voort uit de langdurige samenwerking tussen vertegenwoordigers van de industrie, de wetenschappelijke wereld, de overheid, de technologiegebruikers en het maatschappelijk middenveld in het kader van het Europees platform voor waterstof- en brandstofceltechnologie. Dit platform was onder KP6 gelanceerd.

De FCH JU bestaat momenteel uit drie leden: de Europese Commissie, Hydrogen Europe¹⁶ en Hydrogen Europe Research. In Januari 2019 publiceerde de FCH JU zijn *'Hydrogen Roadmap Europe: A sustainable pathway for the European Energy Transition'*¹⁷, die de basis vormt voor heel wat verder werk.

De Hydrogen Council, een associatie van meer dan 80 internationale energie-, transport- en industriële bedrijven, gelanceerd tijdens het World Economic Forum in 2017 op CEO-niveau, publiceerde twee belangrijke rapporten: *'How Hydrogen Empowers the Energy Transition, (2017)*¹⁸, en op 20 januari 2020 *'Path to hydrogen competitiveness: A cost perspective'*¹⁹.

'Mission innovation - hydrogen

Mission Innovation (MI) is een wereldwijd initiatief van 24 landen en de Europese Commissie die zich inzetten om de wereldwijde innovatie op het gebied van schone energie nieuw leven in te blazen en te versnellen, met als doel schone energie op grote schaal betaalbaar te maken. Het MI werd aangekondigd op bovenvermelde COP21.

Een belangrijke ontwikkeling is de lancering van de achtste Innovatie-uitdaging (IC#8), over hernieuwbare en schone waterstof. De IC#8-leden hebben een plan uitgetekend om de ontwikkeling van een wereldwijde waterstofmarkt door het identificeren en overwinnen van belangrijke technologische barrières voor de productie, de distributie, de opslag en het gebruik van waterstof op gigawattschaal mogelijk te maken.

Corona-recovery plan

Het Europese herstelplan van de COVID-19-crisis *'Europe's moment: Repair and Prepare for the Next Generation'*²⁰ is duidelijk gericht op de transitie die in de Green Deal is voorzien. Investerings om de productie van hernieuwbare energie en de levering, de opslag en het vervoer van schone waterstof te stimuleren, hebben een groot potentieel om het herstel van de COVID-19-crisis te ondersteunen en

¹⁵ <https://www.fch.europa.eu/>

¹⁶ Hydrogen Europe is de Europese waterstof- en brandstofcelvereniging. De organisatie vertegenwoordigt momenteel meer dan 160 bedrijven van diverse omvang, 78 onderzoeksorganisaties en 21 nationale verenigingen.

¹⁷ <https://www.fch.europa.eu/studies>

¹⁸ How Hydrogen Empowers the Energy Transition, Hydrogen council (januari 2017)

¹⁹ Path to hydrogen competitiveness, A cost perspective, Hydrogen council (20 January 2020)

²⁰ COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Europe's moment: Repair and Prepare for the Next Generation Brussels, 27.5.2020 COM(2020) 456 final

tegelijkertijd het leiderschap van de EU-industrie bij de overgang naar klimaatneutraliteit te ondersteunen en deze nieuwe markten te creëren. Het IPCEI-instrument wordt duidelijk genoemd in het Europese herstelplan van de COVID-19-crisis, waaruit het belang ervan blijkt. Er wordt ook melding gemaakt van de mogelijkheid om toegang te krijgen tot enige Europese financiering voor het IPCEI.

In dit kader riepen de ministers van energie van Duitsland, Oostenrijk, Frankrijk, Nederland, België en Luxemburg, de zgn. Pentalanden, in een gezamenlijke verklaring op 15 juni²¹ de Europese Commissie op om *“tijdig een actieplan te presenteren gevolgd door wetgevingsvoorstellen om een flexibele, op maat gesneden regelgevingsaanpak mogelijk te maken en een liquide markt voor waterstof in de komende jaren te stimuleren.”*

Mededelingen Europese Commissie ‘A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe’ en ‘Strategy for Energy System Integration’

In opvolging van de bovenvermelde ‘*European Green Deal*’, de ‘*New Industrial Strategy for Europe*’ en het COVID-herstelplan, aanvaardde de Europese Commissie op 8 juli ll. twee belangrijke mededelingen. Beide dragen ook bij tot de verwezenlijking van de doelstellingen voor duurzame ontwikkeling en de doelstellingen van de Overeenkomst van Parijs (COP21).

In de mededeling ‘*A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*’²² wordt een visie uiteengezet over de manier waarop ‘propere’ waterstof kan worden ingezet voor het op termijn koolstofvrij maken van verschillende sectoren in Europa. In deze mededeling wordt aangegeven welke uitdagingen moeten worden overwonnen, worden de hefboomen uiteengezet die de EU kan mobiliseren en wordt een routekaart van acties voor de komende jaren gepresenteerd.

Dit vormt een aanvulling op de tegelijkertijd gepresenteerde ‘*Strategy for Energy System Integration*’²³ waarin wordt beschreven hoe de lopende werkstromen van het energiebeleid van de EU, met inbegrip van de ontwikkeling van waterstof, een klimaatneutraal geïntegreerd energiesysteem zullen bevorderen, met hernieuwbare elektriciteit, circulariteit en hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen als kern.

Clean Hydrogen Alliance

In de nieuwe Europese industriële strategie die de Europese Commissie op 10 maart 2020 presenteerde, wordt een uitgebreide reeks toekomstige acties voorgesteld, waaronder een ‘Clean Hydrogen Alliance’. Deze Alliantie moet investeerders samenbrengen met overheids-, institutionele en industriële partners, voortbouwend op het succesvolle model van bestaande industriële allianties (zoals rond batterijen) en op het werk dat in het kader van de FCH JU is verricht.

De strategische routekaart uit de mededeling ‘*A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*’ biedt een concreet beleidskader waarbinnen de Clean Hydrogen Alliance een investeringsagenda en een pijplijn

²¹ JOINT POLITICAL DECLARATION OF THE PENTALATERAL ENERGY FORUM ON THE ROLE OF HYDROGEN TO DECARBONISE THE ENERGY SYSTEM IN EUROPE

²² COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe Brussels, 8.7.2020 COM(2020) 301 final

²³ Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Brussels, 8.7.2020 COM(2020) 299 final

van concrete projecten zal ontwikkelen. Deze 'Clean Hydrogen Alliance' is eveneens op 8 juli formeel van start gegaan.

4.1.2. Initiatieven andere landen

Nederland wil duidelijk inzetten op waterstof. Op 20 januari 2020 werd de Programmatische Aanpak Waterstof voor de Energietransitie²⁴ door de voorzitter van het TKI²⁵ Nieuw Gas aangeboden aan de Directeur-Generaal Klimaat en Energie van het ministerie van EZK. Op 30 maart werd de Kamerbrief van de Nederlandse minister van Economische Zaken en Klimaat betreft Kabinetsvisie Waterstof²⁶ gepresenteerd.

In Portugal zijn in mei 2020 voor 7 miljard euro investeringen²⁷ aangekondigd in waterstof met de communicatie van grootschalige productie van zonne-energie. Het project werd geconcipieerd als een important project of common European interest (IPCEI) en ambieert de productie van 600.000 ton groene waterstof, die zal worden bijgemengd in het aardgasnetwerk tot een concentratie van maximaal 10%.

Duitsland dat zich tot doel heeft gesteld om een wereldleider op het gebied van waterstof te worden heeft begin juni een nationale waterstofstrategie²⁸ voorgesteld om deze ambities waar te maken. De Duitse overheid zal in totaal zo'n 7 miljard euro vanuit verschillende 'ministeries' investeren voor de marktuitrol van waterstof en nog eens 2 miljard voor internationale samenwerking/partnerschappen. Één van de doelstellingen is om de capaciteit op te trekken tot 5 GW (14 TWh) in 2030 en 10 GW in 2040, op basis van hoofdzakelijk off-shore windenergie. Bedoeling is de geproduceerde waterstof in te zetten in moeilijk te elektrificeren sectoren zoals de productie van staal, de chemische industrie, zwaar transport en luchtvaart. Deze Duitse strategie zal de komende tijd waarschijnlijk de oprichting van een IPCEI over Waterstof versnellen.

In de presentatie van Hydrogen Advisors, Frankrijk, van januari 2020 wordt een indrukwekkend overzicht²⁹ gegeven van de meest recente initiatieven wereldwijd, zowel op het vlak van het beleid als wat initiatieven van de industrie betreft. Daaruit blijkt ook de noodzaak van Europa om actie te ondernemen. In juni 2018 presenteerde Frankrijk reeds zijn 'National roadmap for Hydrogen'³⁰, waarin het land inzet op groene waterstof voor verduurzaming van mobiliteit, industrie en warmte en er concrete streefdoelen tegen 2028 worden vooropgesteld, zoals 20-40% groene waterstof in industriële toepassingen, 20.000-50.000 bestelwagens op waterstof, 800-2.000 'heavy duty' en minimaal 400 tankstations.

²⁴ Waterstof voor de energietransitie Een programmatische aanpak voor innovaties op het thema waterstof in Nederland voor de periode 2020 – 2030, TKI Nieuw Gas

²⁵ TKI, Topconsortium voor kennis en innovatie; binnen de Topsector Energie

²⁶ BRIEF VAN DE MINISTER VAN ECONOMISCHE ZAKEN EN KLIMAAT Aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal in Nederland, inzake Structurele duurzame economische groei (mei 2020)

²⁷ <https://economy.pt/2020/05/22/government-approves-hydrogen-strategy-e7b-investments/>

²⁸ Die Nationale Wasserstoffstrategie, bmwi (2020)

²⁹ <http://hydrogenadvisors.com/wp-content/uploads/2020/01/2020-01-Hydrogen-2019-Review-final.pdf>

³⁰ <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/120903c7-34bc-49b1-a324-b1f5ba0dbf53/files/4c3ada61-fd66-479a-a683-91a63f8d6b87>

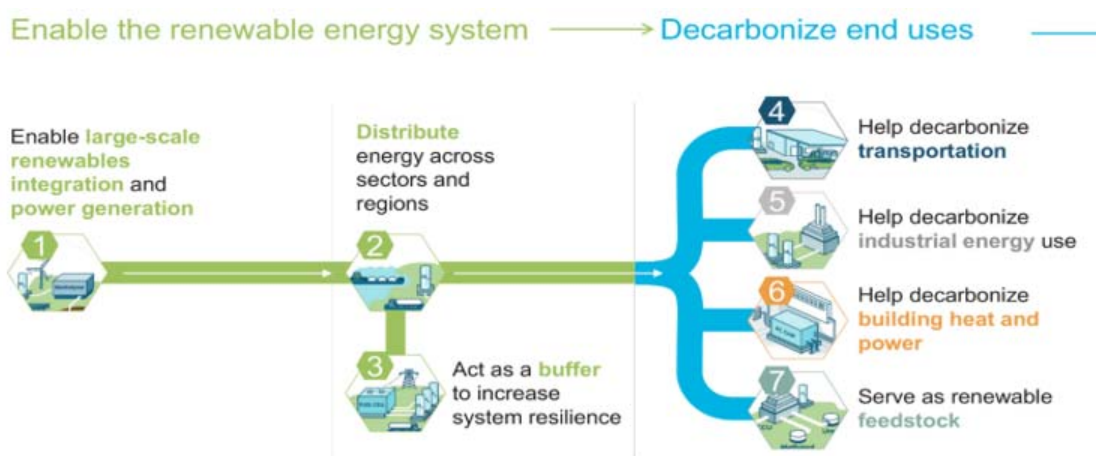
4.2. Waarover gaat 'Hydrogen Technologies and Systems'?

De mogelijke rol van waterstof in het toekomstige energiesysteem is meervoudig en wordt hieronder in meer detail uitgelegd.

4.2.1. Ontleding en bespreking van de waterstofwaardeketen

Voor de ontleding en de bespreking van de waterstofwaardeketen worden de stadia/velden gevolgd die relevant zijn voor een toekomstige waterstofeconomie, zoals geïdentificeerd en beschreven in de 'Hydrogen Roadmap Europe'³¹ van de FCH JU (zie figuur 2). Hierop is ook het analytisch rapport over waterstof ten behoeve van het strategisch forum gebaseerd.

Figuur 2: Schematisch overzicht van de 'waterstof economie'



bron: FCH JU

We onderscheiden volgende zeven onderdelen, geordend in 3 assen:

- Genereren/productie (1)
- Distributie en opslag/buffer (2 en 3)
- Gebruik (4-7)
 - Mobiliteit/transport (4)
 - Industrie warmte (5)
 - Warmte en energie voor huishoudelijk gebruik (6)
 - Industrie 'feedstock' (7)

De figuur toont enerzijds een route naar het verduurzamen van het energiesysteem zelf (1-3), terwijl het meteen ook duidelijk wordt dat waterstof daarnaast het perspectief biedt om belangrijke economische sectoren, zoals transport, industrie, ... te helpen koolstofneutraal te maken (4-7). In onderstaande sectie

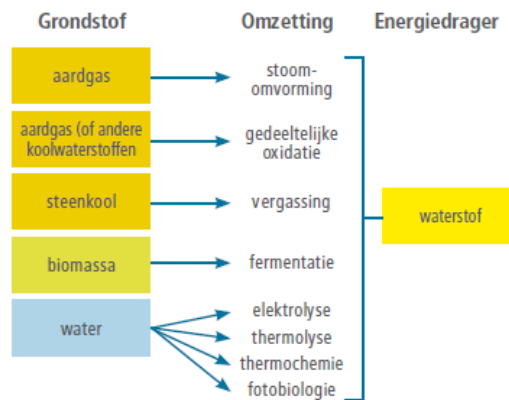
³¹ Hydrogen roadmap, FCH JU (januari 2019)

worden deze zeven onderdelen afzonderlijk kort besproken. Het is een eerder generiek (niet toegespitst op Vlaanderen) en beschrijvend gedeelte, dat moet toelaten 'Hydrogen Technologies and Systems' beter te begrijpen.

4.2.1.1 Productie/genereren van waterstof

Waterstof kan vanuit verschillende 'grondstoffen' en volgens verschillende processen gegenereerd worden (zie figuur 3).

Figuur 3: Productiewijzes van waterstof



Bron: ViWTA: dossier 17³²

Op vandaag wordt bijna alle waterstof wereldwijd gemaakt op basis van fossiele dragers: in Azië en Australië is dit de grootschalige vergassing van steenkool; in Europa en de VS wordt de meeste waterstof gewonnen uit aardgas (CH₄) door stoomomvorming (Steam Methane Reforming, SMR). SMR is een gestandaardiseerd, en door en door ontwikkeld proces met een efficiëntie van 65-75%, maar gaat gepaard met een uitstoot van CO₂³³.

Een paar procent van de productie berust op de elektrolyse van water (splitsen van water in O₂ en H₂). Deze omzetting gebeurt in geavanceerde elektrolytische cellen, met een efficiëntie van ongeveer 70%. De hiervoor nodige elektriciteit kan op diverse manieren geproduceerd worden. 'Groene' waterstof, d.w.z. zonder CO₂ uitstoot, moet uiteraard op duurzame wijze geproduceerd zijn, m.a.w. vanaf een hernieuwbare primaire energiebron, zoals windkracht, zonne-energie of waterkracht. Internationaal wordt het concept van de omzetting van elektriciteit naar waterstof aangeduid als 'power to gas'.

Daarnaast kan waterstof ook door fermentatie uit biomassa wordt gegenereerd. Recent was er een wetenschappelijke doorbraak aan de KU Leuven om waterstof te genereren via zonlicht en met

³² ViWTA dossier 17 'waterstof motor van de toekomst (2008)

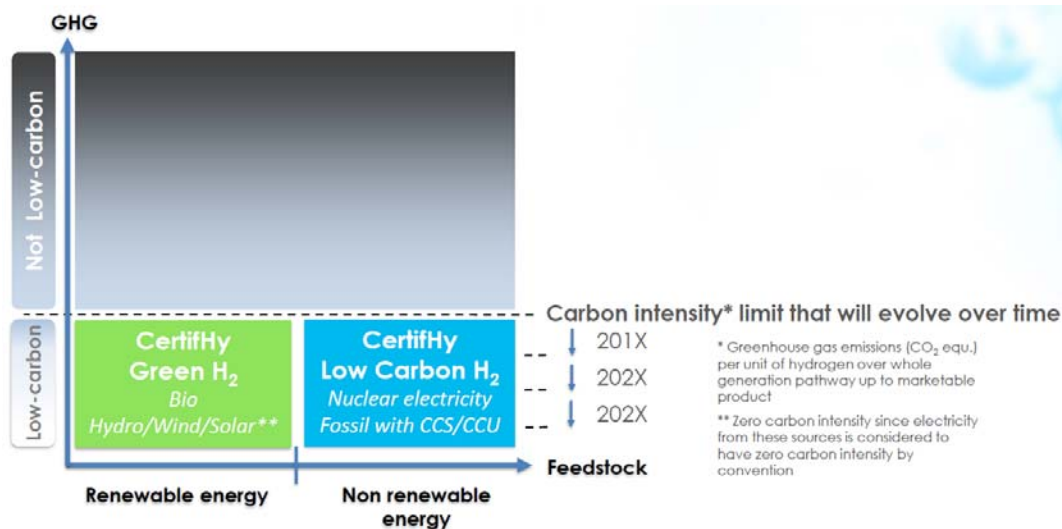
³³ <https://web.archive.org/web/20060204211916/http://www.getenergysmart.org/Files/HydrogenEducation/6HydrogenProductionSteamMethaneReforming.pdf>

waterdamp uit de lucht. Met lucht als bron van water is er geen competitie met watergebruik door de landbouw, de industrie en de gezinnen. Deze technieken bevinden zich op een lagere TRL³⁴ en zijn nog niet grootschalig beschikbaar. Actueel wordt vooral ingezet op grootschalige waterstofproductie. Op de andere technieken om waterstof te produceren gaan we hier daarom niet verder in.

Mettertijd zullen er wellicht drie productieniveaus ontstaan van groene waterstof: op mega-, meso-, en microschaal. De mega-schaal zijn de grote installaties in woestijnen bijv., waarna de waterstof dan per schip in vloeibare vorm wordt getransporteerd. De Europese havens zoals Antwerpen maken zich op voor dergelijke invoer van waterstof. De meso-schaal slaat vandaag vooral op elektrolyse van water aangedreven door - meestal in zee gelegen - windmolenparken. Dit biedt het voordeel dat transporteren van waterstof via pijpleidingen veel vlotter gaat dan het aan land brengen van de in zee geproduceerde elektriciteit. Vlaanderen is vrij actief op dit gebied. De derde pijler is de gedistribueerde productie aan land, die nu nog in zijn kinderschoenen staat.

In het licht van verdere valorisatie is het ook belangrijk de graad van duurzaamheid van waterstof duidelijk te benoemen, d.m.v. garanties van oorsprong (cf. groene elektriciteit), of als eenduidige bewijsvoering van het voldoen aan targets rond CO₂ reductie en percentages hernieuwbare energie. Het EU-project 'CertifHy'³⁵ heeft daarom definities voorgesteld (zie figuur 4).

Figuur 4: Definities waterstof



Bron: CertifHy

Er wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen de oorsprong van de energie - hernieuwbaar of niet hernieuwbaar - en de uitstoot van het productieproces. Waterstof die uit hernieuwbare (koolstof)bronnen komt en een CO₂ uitstoot heeft onder een bepaalde limiet is groen. Waterstof die niet uit hernieuwbare

³⁴ Technology readiness level

³⁵ www.certify.eu

bronnen komt, maar wel een lage CO₂ uitstoot heeft, bijvoorbeeld door CO₂-opslag (zie verder) of omdat het een restproduct is van bijv. chloorproductie, wordt 'low-carbon' of blauw genoemd. Waterstof uit fossiele koolstofbronnen is grijze waterstof. Dit wordt in Box 1 nog eens overzichtelijk samengevat.

De voorgestelde CO₂ limiet voor 'low carbon' waterstof door CertifHy is 60% reductie t.o.v. het SMR-proces. In de Renewable Energy Directive³⁶ wordt 70% genoemd. Deze limiet zal in de toekomst verder dalen. De precieze definitie van groene of hernieuwbare waterstof zal nog verder verfijnd worden bij het uitwerken van de 'delegated acts' van de Renewable Energy Directive (tegen eind 2021).

Box 1: Types waterstof

- De via Steam Methane Reforming (SMR – kraken van aardgas) verkregen waterstof wordt aangeduid als grijze waterstof. Dit is op dit moment veruit de meest rendabele en goedkoopste. Grijze waterstof wordt klassiek gebruikt in industrie vnl. als 'feedstock'.
- Blauwe waterstof is o.a. recuperatie-waterstof uit chemische processen, zoals de productie van chloor. De kwaliteit is relatief hoog. Nadeel is dat deze waterstofproductie wat betreft lokalisatie en omvang direct gekoppeld is aan andere chemische processen. De kosten zitten hier vooral in het transport van waterstof. Blauwe waterstof wordt ook verkregen door Carbon Capture and Utilization/Storage (CCU/CCS³⁷) toe te passen: door de CO₂ die vrijkomt bij verbranding of een proces af te vangen en te stockeren, of voor verder gebruik in te zetten, wordt de geproduceerde waterstof koolstofneutraal.
- Groene waterstof wordt gegenereerd gebruik makend van hernieuwbare energie. Dit gebeurt momenteel bijna uitsluitend via elektrolyse. De kostprijs van groene waterstof is momenteel nog hoog in vergelijking met deze van grijze waterstof.

Deze benamingen hebben niets met de effectieve kleur van waterstof te maken: waterstof is kleurloos.

4.2.1.2 Opslag en distributie

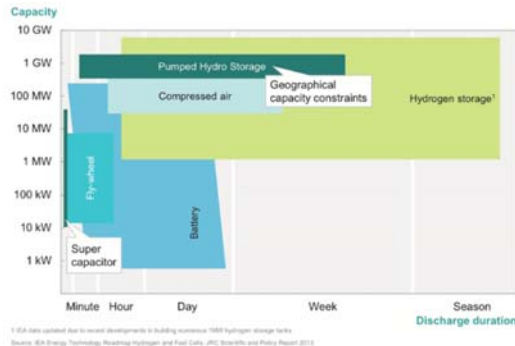
We beginnen de bespreking van dit onderdeel met een belangrijk pluspunt van waterstof nl. dat het de mogelijkheid biedt om de cyclische aard (dag en nacht, seizoenen) van de energieproductie uit hernieuwbare energiebronnen, zoals windparken of fotovoltaïsche zonnecentrales - en de daaruit voortvloeiende sterk wisselende opbrengst - op te vangen. Het kan dus fungeren als een zgn. energiebuffer bij de elektriciteitsproductie. Door overtollige duurzame energie om te zetten naar waterstof, creëert men een buffer en netstabilisator. Piekproductie levert immers problemen op voor de werking en stabiliteit van het elektriciteitsnet. De geproduceerde waterstof kan vervolgens worden ingezet in transporttoepassingen of, in periodes van schaarste, weer worden omgezet naar elektriciteit. Een alternatief is opslag van de energie in batterijen.

³⁶ https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_nl

³⁷ CCU: CO₂ is geen afvalstroom meer, maar een grondstof voor heel wat toepassingen. CO₂ werd eerst in de voedingsindustrie gebruikt, en sinds kort wordt CO₂ ook gebruikt in de productieprocessen van de chemische industrie en voor de aanmaak van brandstoffen. Daarnaast is er ook CCS (storage)

Door zijn multifunctionele inzetbaarheid is waterstof een essentieel onderdeel van de sectorkoppeling (slimme sectorintegratie)³⁸. Zo is waterstof beter geschikt voor langere termijn opslag (seasonal), terwijl batterijen beter geschikt zijn voor korte termijn opslag (zie figuur 5).

Figuur 5: Vergelijking opslagcapaciteiten



Bron: IEA Energy Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells, JRC Scientific and Policy Report 2013³⁹

Een belangrijke voorwaarde voor het gebruik van waterstof als energiedrager en -buffer is de aanwezigheid van infrastructuur en de uitbouw van zowel opslag-, als transport- en distributiesystemen.

Bij omgevingstemperatuur en -druk is waterstof een gas. Het kan echter opgeslagen (en getransporteerd) worden als een gas, vloeistof of gebonden in een vaste stof. Zoals uit figuur 6 duidelijk wordt, wordt een onderscheid gemaakt tussen opslag gebaseerd op de fysische eigenschappen (gas/vloeibaar) en de opslag gebaseerd op materialen.

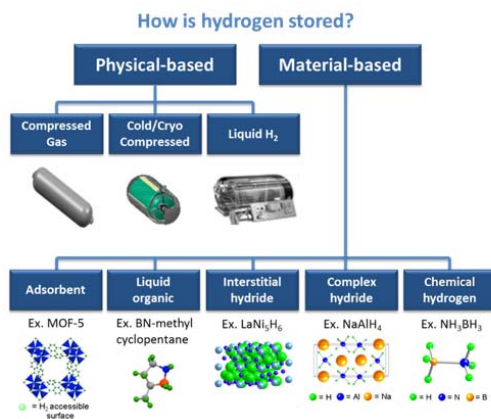
Momenteel zijn de meest gebruikte opties voor het transport van waterstof van de productielocatie naar de eindgebruiker die als gecompriëerde gasvormige of vloeibare waterstof per vrachtwagen en als gecompriëerde gasvormige waterstof via pijpleidingen.

Elk van deze toestanden/transportmodi brengt specifieke uitdagingen met zich mee (zie 4.5.2 en 4.5.5). Verder speelt ook de toepassing zelf een rol. Zo moet onderscheid worden gemaakt tussen het gebruik voor mobiliteit/transport, voor huishoudelijk gebruik of voor de industrie. Hierop wordt in de volgende secties dieper ingegaan.

³⁸ Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Brussels, 8.7.2020 COM(2020) 299 final

³⁹ IEA Energy Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells, JRC Scientific and Policy Report 2013

Figuur 6: Mogelijke vormen van opslag van waterstof



bron: Hydrogen Europe⁴⁰

4.2.1.3 Gebruik en toepassingen.

4.2.1.3.1 Vergroening van transport/mobiliteit

De meeste aandacht gaat momenteel naar het gebruik van waterstof voor 'het vergroenen van' transporttoepassingen. Mobiliteit en transport veroorzaken 32% van de CO₂-uitstoot in de EU en dragen hiermee in belangrijke mate bij aan de klimaatverandering. Om het '2-gradenscenario' te bereiken, moet tegen 2050 ongeveer 72% van de CO₂-uitstoot van de EU-vervoersvloot worden weggewerkt, wat neerkomt op ongeveer 825 Mt. De transitie van olie naar hernieuwbare energiebronnen in het transportsysteem vereist niet alleen nieuwe aandrijfsystemen in voertuigen, maar zal ook de waardeketens fundamenteel veranderen⁴¹.

Bij de vergroening van transport/mobiliteit zien we twee complementaire pistes ontstaan, enerzijds het gebruik van batterijen en anderzijds het gebruik van waterstof. Wat waterstof betreft, onderscheiden we twee systemen: de zgn. brandstofcellen, die uit waterstof elektriciteit maken via het omgekeerde proces van elektrolyse. Dit is de schoonste oplossing. Daarnaast kan waterstof worden gebruikt als brandstof voor een interne verbrandingsmotor - vergelijkbaar met de gangbare benzinemotor. Motoren op waterstof kunnen vooral interessant zijn voor grote toepassingen (maritiem) en vergen minder zuivere waterstof dan brandstofcellen, maar het rendement in vergelijking met brandstofcellen is lager.

Waterstof en batterijen worden vaak als concurrenten gezien, maar zijn eerder complementair aan elkaar. Waterstoftoepassing in wagens impliceert eigenlijk een elektrische aandrijving waar ook batterijen een belangrijke rol spelen, al is het maar om energie te recupereren. Beide systemen hebben hun voor- en nadelen en kunnen elkaar aanvullen omdat ze op verschillende vereisten inspelen, zoals de nodige actieradius en het gewicht van het transportmiddel. Kleinere transportmiddelen met beperkte eisen aan actieradius, zullen vooral batterij-elektrisch zijn, terwijl zwaardere transportmiddelen met een grote

⁴⁰ <https://hydrogeneurope.eu/node/350>

⁴¹ Bron: Roadmap FCH JU

actieradius en energiebehoefte (vrachtvervoer/bussen/scheepvaart/treinen - er wordt zelfs aan vliegtuigen gedacht), zich meer lenen voor op waterstof gebaseerde oplossingen. Waterstof kan zelfs voor zware voertuigen een groot bereik hebben en is veiliger dan sommige alternatieve brandstoffen. Bovendien speelt hier ook een tijdsaspect: momenteel duurt elektrisch opladen (te) lang. Wat de scheepvaart - een grote luchtvervuiler - betreft, loopt reeds een project in de Antwerpse haven met een sleepboot van de Compagnie Maritime Belge waarin een dieselmotor omgebouwd is tot een motor die een mengsel van diesel en waterstof gebruikt⁴² – een wereldprimeur.

Transportmiddelen voor intern transport op bedrijfssites zoals bijv. vorkheftrucks, straddle carriers, reach stackers, hoogwerkers, kranen, e.a. worden hierbij vaak over het hoofd gezien. Het gebruik van duurzaam geproduceerde waterstof als ‘propere’ energiedrager voor intern transport op bedrijfssites, havens en luchthavens gebeurt momenteel nog maar op kleine schaal. Slechts een handvol Europese bedrijven heeft initiatieven lopen voor het verduurzamen van hun intern transport met waterstof, waarbij waterstof wordt aangemaakt via elektrolyse uit wind of zonne-energie opgewekt op de eigen terreinen. Colruyt is hierin een voorloper.

4.2.1.3.2 Vergroening van (residentiele) verwarming en huishoudelijk gebruik

Een tweede toepassingsgebied van waterstof is de ‘vergroening van (residentiele) verwarming en huishoudelijk gebruik’. Verwarming van gebouwen is de op één na grootste verbruiker van energie in de EU, met meer dan 530 Mt (15% van de totale) CO₂-uitstoot in 2015. Om de doelstelling van ‘het 2-graden scenario’ te bereiken, moet de uitstoot van dit segment met 57% worden gereduceerd. Momenteel is aardgas de belangrijkste brandstof voor de verwarming van gebouwen in Europa (42% van alle huishoudens), gevolgd door elektriciteit, olie en kolen.⁴³

Om de CO₂-uitstoot te verminderen kan men enerzijds beter gaan isoleren, maar kan men anderzijds ook de verwarming van gebouwen en het huishoudelijk gebruik meer en meer koolstofneutraal maken. Dit kan door om te schakelen (bijv. naar warmtepompen) of door het gas te ‘ontkolen’ (bijv. waterstof of biogas). Nederland wil hier heel sterk op inzetten en wil “van het gas af”.

Hiervoor kan men bijv. waterstof injecteren in het aardgasnet of zelfs op termijn het aardgasnet ombouwen tot een heus waterstofnet. ‘Bijmengen’ van waterstof in aardgas is een overgangsfase. Afhankelijk van de eigenschappen van gebouwen, isolatiegraad, ligging in een stad of erbuiten, vrijstaand of aanbouw, en de aanwezigheid van bestaande gasleidingen, zullen de verschillende oplossingen complementair zijn.

4.2.1.3.3 Vergroening van industriële processen

De derde grootste bron in Europa, met een jaarlijkse uitstoot van meer dan 390 Mt aan directe CO₂, heeft te maken met energie nodig voor industriële processen. Om de ‘CO₂-reductiedoelstelling’ te bereiken, zou deze bijdrage aan de CO₂-uitstoot met 56% of ongeveer 220 Mt moeten verminderen tegen 2050

Zes energie-intensieve industriële sectoren (EEI industrie) zijn verantwoordelijk voor 60% van dit verbruik: aluminium, cement, (petro)chemie, raffinage, ijzer en staal, en pulp en papier. Ongeveer 40% van hun

⁴² <https://www.portofantwerp.com/nl/news/wereldprimeur-voor-haven-van-antwerpen-eerste-waterstof-aangedreven-sleepboot>

⁴³ Bron: roadmap FCH JU.

energievraag is voor 'hoogwaardige warmte'. Er zijn diverse mogelijkheden voor CO₂-reductie, maar voor industriële processen waarvoor hoge temperaturen nodig zijn (hoogwaardige warmte) en waar het gebruik van restwarmte of elektrificatie geen optie zijn, vormt waterstof een alternatief, op voorwaarde dat CCS of andere innovaties niet concurrerend zijn.⁴⁴

4.2.1.3.4 Als bouwsteen (feedstock) van industriële processen en producten

De meeste waterstof die momenteel wordt geproduceerd, wordt niet zozeer als (alternatieve) energiedrager maar wel als bouwsteen gebruikt in tal van industriële takken en/of als reagens/reductans/... bij verschillende industriële processen. Volgens de roadmap van de FCH JU⁴⁵ is dit in de EU jaarlijks 325 TWh, met een toenemende vraag. Enkele voorbeelden:

- In de chemische sector wordt waterstof op grote schaal gebruikt als grondstof. Het is bijv. een fundamentele bouwsteen voor de productie van ammoniak - dat op zijn beurt grondstof is voor meststoffen-, en van methanol, die gebruikt wordt bij de vervaardiging van veel polymeren.
- Raffinaderijen zijn een ander toepassingsgebied. Waterstof wordt hier gebruikt om ruwe olie te verwerken tot geraffineerde brandstoffen, zoals benzine en diesel, en ook om verontreinigingen, zoals zwavel, uit deze brandstoffen te verwijderen. Het gebruik van waterstof in raffinaderijen is de afgelopen jaren om verschillende redenen toegenomen:
 - de strenge voorschriften die een laag zwavelgehalte van diesel vereisen;
 - het toegenomen verbruik van 'zware' ruwe olie van lage kwaliteit;
 - het toegenomen oliegebruik in opkomende economieën zoals China en India.
- In de metallurgische industrie wordt waterstof gebruikt bij de productie van koolstofstaal, speciale metalen en halfgeleiders. Terwijl de directe reductie van ijzererts met aardgas in de staalproductie goed is ingeburgerd⁴⁶, bestaan overeenkomstige productiemethoden op basis van waterstof tot nu toe alleen nog maar op proefschaal. Bij de traditionele hoogovenmethode komen grote hoeveelheden CO₂ vrij. De directe reductie van ijzererts - d.w.z. de afscheiding van zuurstof uit het ijzererts met behulp van waterstof en synthegas - zou zich kunnen ontwikkelen tot een belangrijk industrieel proces in de staalproductie.
- Waterstof wordt in diverse industriële toepassingen gebruikt zoals de productie van vlakglas (waterstof gebruikt als inert gas of beschermend gas), de elektronica-industrie (gebruikt als beschermend en dragend gas, in depositieprocessen, voor reiniging, in etsen, in reductieprocessen, etc.) en toepassingen in de elektriciteitsopwekking, bijvoorbeeld voor het koelen van generatoren of ter voorkoming van corrosie in pijpleidingen van elektriciteitscentrales.

Als gevolg van deze grote behoeften zijn er verschillende grootschalige processen ontwikkeld voor de productie van waterstof. Dit is momenteel in grote mate grijze waterstof en 'waterstof als bijproduct' (zie 4.2.1.1). Anders dan bij de voorgaande toepassingen, waar ernaar gestreefd wordt om waterstof in te zetten als alternatief voor fossiele brandstoffen, gaat het hier om het op termijn vervangen van deze grijze waterstof door groene waterstof om aldus de CO₂-footprint te verminderen. Een mogelijke tussenstap is

⁴⁴ Hydrogen Europe Roadmap – a sustainable pathway for the European Energy Transition, report prepared by Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (januari 2019)

⁴⁵ Hydrogen Europe Roadmap – a sustainable pathway for the European Energy Transition, report prepared by Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (januari 2019)

⁴⁶ World Steel Association 2015

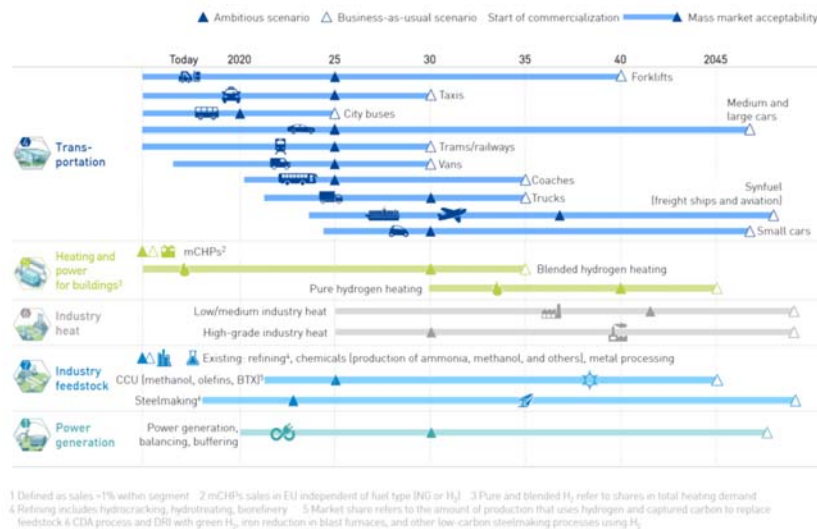
het 'verblauwen' van de grijze waterstof door de geproduceerde CO₂ af te vangen en op te slaan (Carbon Capture and Storage, CCS) of te gebruiken (Carbon Capture and Utilisation, CCU).

Eén van de zes IPCEI strategische waardeketen nl. 'Low CO₂ emissions industry' is specifiek gewijd aan de vermindering van de CO₂ uitstoot door de industrie en overlapt dus met de waterstof-IPCEI.

4.2.1.3.5 Tijdslijn uitrol waterstofeconomie

In de roadmap van de FCH JU⁴⁷ werden twee scenario's uitgewerkt (ambituous en business as usual) voor de uitrol van een waterstofeconomie in de bovenvermelde gebruiksegmenten. Dit wordt voorgesteld in figuur 7.

Figuur 7: Tijdslijn voor uitrol van een waterstofeconomie



Bron: roadmap FCH JU

Over het algemeen bestaat de waterstoftechnologie al in de meeste segmenten en kan die in principe worden ingezet. Veel heeft te maken met de kostprijs (zie 4.3.4.6). De efficiëntie van het gebruik van waterstof hangt dus sterk af van de toepassing en van de sector. Dichtstbijzijnd voor adoptie is transport en verwarming, terwijl brede inzet van waterstof als industriële grondstoffen en voor energieopwekking gezien moeten worden op lange termijn. Hoe dat plaatje er in de context van het Belgische energiesysteem uitziet, is een van de belangrijke vragen die de komende vijf jaar worden onderzocht binnen het PROCURA-project (Power to X and Carbon Capture & Utilization Roadmap for Belgium). Binnen het project worden verschillende mogelijke oplossingen die tegen 2050 kunnen leiden tot een emissiearm en veilig

⁴⁷ Hydrogen Europe Roadmap – a sustainable pathway for the European Energy Transition, report prepared by Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (januari 2019)

energiesysteem, getoetst op hun potentieel. Er wordt gekeken naar opschaalbaarheid van de technologie, naar betaalbaarheid en naar de mogelijkheid om een gebalanceerd en bevoorradingszeker energiesysteem te behouden. PROCURA loopt sinds 1 maart 2020 en wordt gesponsord vanuit het federale Energietransitiefonds. Het omvat een interdisciplinaire samenwerking tussen Belgische kennisorganisaties die elk hun eigen inbreng leveren: imec, WaterstofNet, de KU Leuven, de VUB, de universiteit van Luik en VITO/EnergyVille.

4.2.2. **IPCEI ‘Hydrogen technologies and systems’**

Omdat Europa nog knelpunten ziet die een gecoördineerd optreden en een aanpak op grote schaal (ook financieel) vereisen, werd ‘Hydrogen technologies and systems’ door het Strategisch forum for IPCEI geselecteerd als één van de zes strategische waardeketens die ‘IPCEI-waardig’ zijn. We citeren uit het rapport van het strategisch forum⁴⁸:

“Hydrogen is an environment- and climate-friendly (zero-emission) energy carrier. Produced from renewable energy sources, e.g. photovoltaic and wind energy, or by low CO₂ technology, it has the potential to essentially replace fossil-based energy.

Today, it still suffers from a supply/demand deadlock that keeps the cost too high for a wide market uptake. A determined shift towards low-emission technologies can significantly increase the availability of green hydrogen at lower cost, enabling low-emission applications in the mobility, industry and energy sectors. Hydrogen-based low-emission technologies would then rapidly become economically viable decarbonisation pathways. During the transition period, low-carbon hydrogen will also have an important role as facilitator of introduction of renewable and low-carbon technologies into the mainstream applications.

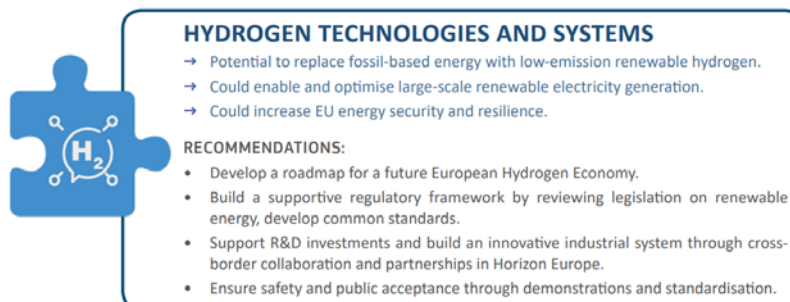
At the same time, a level playing field has to be established between fossil and hydrogen-based solutions. Additionally, the regulatory context and standards have to be updated in a timely fashion to facilitate an accelerated technology transition.

European manufacturing capacity or potential exists for many of the key technologies, but scaling-up of manufacturing is held back by a supply/demand deadlock that effectively hinders cost reductions by economies of scale. On the other hand, many Member States are struggling to achieve the agreed emission reduction targets in sectors which could be decarbonised with hydrogen.

Hydrogen presents a win-win-win opportunity for Member States to provide the required (significant) kick-start capital that is a launch pad for a disruptive hydrogen economy, and would also provide additional jobs and improved industrial competitiveness.”

⁴⁸ Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU-industry – report of the strategic forum for important projects of common European interest.

Figuur 8: Voorstelling Hydrogen technologies and systems door Europa



Bron: Europese Commissie strategic value chains factsheets

Naast de strategische waardeketen 'Hydrogen technologies and systems' maakt waterstof ook een onderdeel uit van twee andere IPCEI waardeketens, nl. 'Low CO₂ emissions industry' en 'Clean connected and autonomous vehicles'.

Wellicht op basis van de technologische (en andere) uitdagingen binnen de zeven bovenvermelde stadia werden door 'Europa' vijf pistes gedefinieerd waarop IPCEI-projecten zouden moeten worden ingezet:

- 'Generation of hydrogen, mostly via water electrolysis';
- 'Transmission & transportation';
- 'Use of hydrogen for mobility applications, mostly via fuel cell technology';
- 'Industrial use of hydrogen (for process heat, reducing agents or feedstock for the chemical industry) or for residential heating (e.g. hospitals or larger communities)';
- 'Storage of hydrogen and the conversion to other energy carriers (synthetic fuels)'.

4.3. Waterstof in Vlaanderen

4.3.1. Vlaamse beleidscontext

Ook voor Vlaanderen kan waterstof een belangrijke rol opnemen in de energie- en klimaattransitie, en tegelijkertijd nieuwe economische kansen creëren in de wereldwijde groeiemarkt van waterstoftechnologie en waterstoftoepassingen. Dit wordt gedetailleerd beschreven in de Overzichtsnota Waterstof, EWI, januari 2020 (bijlage 3).

Meerdere ministers en beleidsdomeinen zijn betrokken, nl. Omgeving (Vlaams Energieagentschap, VEA) en EWI. Waterstof wordt in dat opzicht genoemd in tal van beleidsdocumenten.

Wanneer we het Vlaamse Regeerakkoord 2019-2024 er op na slaan, lezen we:

"We investeren verder in onderzoek en ontwikkeling naar duurzame energie- en klimaatoplossingen. We hebben hierbij de ambitie om Europese koploper te worden in onder meer waterstof."

“De broeikasgassen van de niet-ETS industrie worden sterk verlaagd door in te zetten op: een verdere vergroening van de energiedragers met 10% binnen de industrie tegen 2030. Hiervoor stimuleren we verdere elektrificatie en het gebruik van biogas, duurzame biomassa, waterstof en synthetische brandstoffen”.

“Om grotere aandelen hernieuwbare energie in het energiesysteem te kunnen integreren, moeten we ons energiesysteem digitaliseren en de capaciteit voor energieopslag kostenefficiënt uitbouwen. Innovatie is cruciaal en dus zetten we proefprojecten op voor power-to-x en starten we een pilootproject voor de productie van koolstofarme waterstof en inzet van onze kanalen voor energieopslag.”

De Beleidsnota Economie, Wetenschapsbeleid en Innovatie 2019-2024 onderstreept dit alvast.

“Daarnaast hebben we de ambitie om Europese koploper te worden in onder meer waterstoftechnologie. In nauwe samenwerking met regionale partners en netwerken (speerpuntclusters Catalisti, Flux50, de Blauwe Cluster en Waterstofnet) en sterk ingebed in het Europese en internationale samenwerkingskader voor onderzoek en innovatie streeft Vlaanderen naar een maximale valorisatie van deze onderzoeksexpertise in en buiten Vlaanderen. We bekijken hoe we door ondersteuning van first of a kind demonstratieprojecten de Vlaamse bedrijven kunnen positioneren en kunnen laten participeren aan de opbouw van een Europese waardeketen in het domein van waterstof (met name het aangekondigde Important Project of Common European Interest - Hydrogen technologies and systems).”

In de Beleidsnota Energie lezen we het volgende:

“We begeleiden de industrie als sector in de transitie naar een klimaatneutrale samenleving. Industriële processen zullen hiervoor grondig moeten worden hervormd (o.a. richting elektrificatie, gebruik van groen gas, (groen) waterstof en synthetische brandstoffen, restwarmte, circulaire processen,...).”

“Een andere uitdaging is om analoog aan het netwerk van klassieke of CNG-tankstations, een netwerk van waterstoftankstations uit te bouwen. Gezien de druk van elektrische wagens op de belasting van het elektriciteitsnetwerk, zetten we ook in op waterstof. Vlaanderen wil immers koploper worden in de waterstofeconomie en transport zal daar een deel van uitmaken.”

In opvolging van de Europese richtlijn 'betreffende de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen' van 22 oktober 2014 die de lidstaten oplegt om nationale beleidskaders te maken voor de marktontwikkeling van milieuvriendelijke energie/brandstoffen voor voertuigen en de bijhorende infrastructuur werd in 2015 de conceptnota 'Clean Power For Transport' goedgekeurd.

Het Clean Power for Transport actieplan wil een shift bewerkstelligen van traditionele verbrandingsmotoren naar milieuvriendelijke voertuigen (batterij-elektrisch (BEV), plugin hybride (PHEV), CNG en waterstof).”

Daarbij worden elektrische wagens en wagens op waterstof en de bijhorende infrastructuur gepromoot. Het actieplan selecteert ook een aantal 'nichevloten' van voertuigen. In het meest recente opvolgrapport uit 2019 wordt waterstof echter opvallend weinig vernoemd.

Bij de totstandkoming van het Vlaams Klimaat- en energieplan werd de rol van waterstof (nog) niet meegenomen. Daarom werd in opdracht van het Vlaams Energieagentschap VEA door WaterstofNet en Hinicio een potentieelstudie voor groene waterstof in het Vlaamse energielandschap uitgewerkt. Deze studie maakt een inschatting van de mogelijkheden van groene waterstof voor Vlaanderen, vertrekkend van resultaten en inzichten van buitenlandse studies. De studie behelst zowel het technische potentieel (bijv. hoeveel waterstof kan er worden gebruikt om de sectoren van transport, warmte en industrie te vergroenen?) als de economische impact (bijv. wat zijn de kosten van de implementatie). Om de implementatie van waterstof te faciliteren zijn een aantal beleidsvoorstellen geformuleerd. De resultaten zijn vertaald naar een eerste routekaart voor groene waterstof in Vlaanderen tot 2030 met een globale inschatting voor 2050⁴⁹. Eveneens in opdracht van het Vlaams Energieagentschap werd in 2019 door Dirk Meire Consultancy de studie 'Onderzoek naar effecten en prioriteiten bij productie en gebruik van groene waterstof'⁵⁰ uitgebracht.

De Vlaamse Regering wil de transversale beleidsthema's krachtiger aanpakken. Omdat de energie- en klimaattransitie impact heeft op alle geledingen van de samenleving, raakt aan quasi alle beleidsdomeinen, en raakvlakken heeft met quasi alle sectoren, stelt de Vlaamse Regering, in uitvoering van doelstellingen uit de beleidsnota's Energie en Klimaat, energie en klimaat op 3 april 2020 vast als transversaal thema.

Door het Vlaams Energie- en Klimaatplan 2021-2030 en de Vlaamse Klimaatstrategie 2050 aan te duiden als transversale beleidsplannen, voor elk beleidsplan een beperkt aantal transversale doelstellingen te voorzien, en de minister van Justitie en Handhaving, Omgeving, Energie en Toerisme aan te wijzen als coördinerend minister, kunnen de rapportering over en dus opvolging van de uitvoering van de doelstellingen en de bijhorende beleidsmaatregelen op een gecoördineerde manier gebeuren via de toelichtingen bij de beleids- en begrotingsuitvoering en dat afgestemd op de Europese rapporteringsverplichtingen.

4.3.2. Waterstofecosysteem in Vlaanderen

4.3.2.1 Inleiding

Om de adviesvraag te kunnen beantwoorden, moet het potentieel in Vlaanderen in kaart worden gebracht. Omwille van het feit dat IPCEI gericht is op staatsteun aan bedrijven - en zij de potentiële indieners van een project zijn - wordt voornamelijk gefocust op het industriële weefsel in Vlaanderen. Dit neemt niet weg dat het onderzoek van, en samenwerking met, de kennisinstellingen (universiteiten, hogescholen en SOC's), en de speerpuntclusters, niet onbelangrijk zijn. Ook de rol van intermediairen wordt in dit werk meegenomen.

⁴⁹ Het potentieel voor groene waterstof in Vlaanderen – een routekaart – waterstofnet en Hinicio in opdracht van het Vlaams Energie Agentschap (oktober 2018)

⁵⁰ Onderzoek naar effecten en prioriteiten bij productie en gebruik van groene waterstof, Dirk Meire iov Vlaams Energie Agentschap (oktober 2019)

Het in kaart brengen van het waterstofecosysteem in Vlaanderen gebeurde op basis van interviews en insteek van diverse actoren in Vlaanderen (lijst in bijlage 2). We benadrukken dat het resultaat niet exhaustief is, maar ruim voldoende is om een goed beeld te geven van de situatie in Vlaanderen.

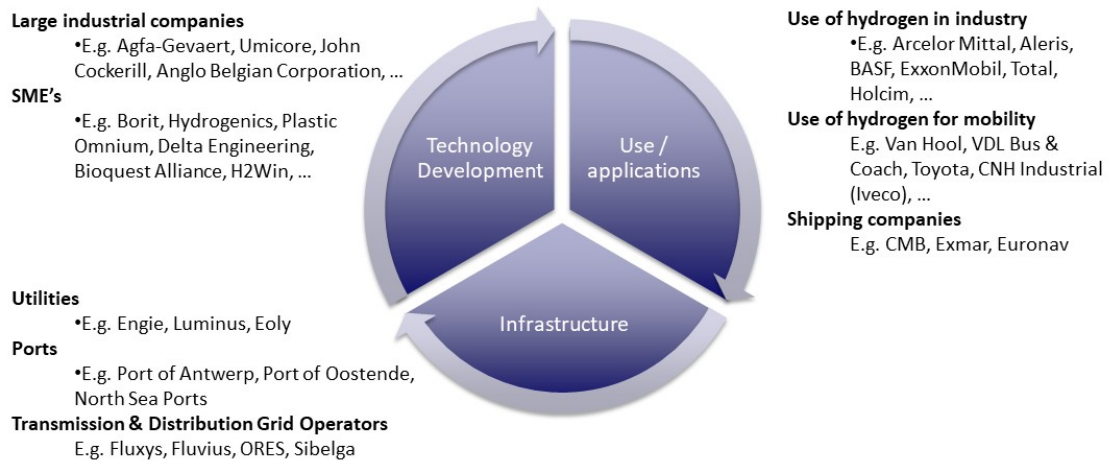
4.3.2.2 Industriële expertise in Vlaanderen

Het industriële ecosysteem werd vanuit twee perspectieven bekeken:

- volgens de 'rol' van de actoren in de waardeketen (bijv. technologieverstrekker, eindgebruiker);
- volgens de vijf IPCEI-pistes

Figuren 9, 10 en 11 geven een overzicht. Figuur 9 doet dit volgens de rol in de waardeketen. Deze figuur is eerder op te vatten als een voorbeeld, is daarom eerder fragmentarisch en neemt niet enkel Vlaamse bedrijven op. De figuur benadrukt wel de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende onderdelen: de technologieontwikkeling/eindgebruiker/infrastructuur. Die zijn sterk gelinkt en kunnen niet afzonderlijk tot volle ontwikkeling komen. De hele waterstofketen is belangrijk.

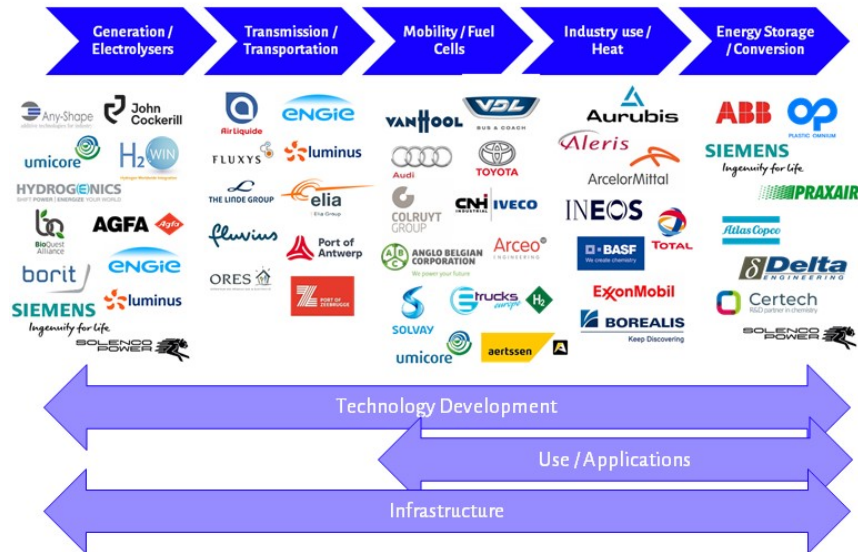
Figuur 9: Belgisch waterstof-ecosysteem



Bron: White paper Agoria (in voorbereiding)

Figuur 10 toont de industriële spelers uit het ecosysteem volgens de vijf IPCEI-pistes, zoals geïdentificeerd door Europa. Het is duidelijk dat er in elk van deze pistes, voldoende potentieel aanwezig is.

Figuur 10: Voorstelling waterstof-ecosysteem volgens de vijf IPCEI -pistes



Bron: White paper Agoria (in voorbereiding)

Figuur 11 ten slotte geeft het ecosysteem van de actoren uit de Waterstof Industrie Cluster weer. Deze figuur toont het ecosysteem vanuit een ietwat ander perspectief en neemt ook de 'end users' mee op. In bijlage 4 wordt een meer gedetailleerd overzicht van deze actoren gegeven.

Figuur 11: Voorstelling Vlaams ecosysteem Waterstof Industrie cluster



Bron: Waterstofnet (periode 2016-2019)

Het waterstof-ecosysteem in Vlaanderen/België is dus heel divers en dekt de hele waardeketen af; er zijn actoren die technologie ontwikkelen en verstrekken, actoren die deze technologie gebruiken (end users) en zij die voor de verbinding tussen de twee instaan, nl. distributie/infrastructuur. Ook binnen de vijf verschillende pistes gedefinieerd m.b.t. de waterstof-IPCEI hebben we expertise/activiteiten: vanaf de productie van waterstof, via transport en opslag tot aan het eindgebruik in diverse sectoren. Sommige spelers zijn zelfs in meerdere ervan actief.

Minstens 20 bedrijven - die bijna 18.000 werknemers vertegenwoordigen – hebben O&O-activiteiten op het gebied van waterstof. Acht van deze bedrijven zijn kmo's. Sommige van de grote industriële spelers zoals Agfa, Umicore of Atlas Copco richten een deel van hun activiteiten op waterstof, maar hebben unieke capaciteiten voor de zich ontwikkelende waterstofmarkt.

In wat volgt gaan we per IPCEI-piste heel kort in op deze actoren. In figuur 12 worden de 'top'spelers overzichtelijk samengevat.

4.3.2.2.1 Technologie-ontwikkeling voor genereren van waterstof

- Met Hydrogenics (recent overgenomen door Cummins (80%), met aandeel van Air Liquide (20%) hebben we een Europees zwaartepunt op het vlak van productie en onderzoek m.b.t. elektrolyse (zowel alkalische als PEM51-technologie) op Vlaamse bodem. Ze zijn ook actief op het gebied van brandstofcellen;
- Agfa ontwikkelt en produceert membranen die gebruikt worden in alkalische elektrolyzers;
- Borit, een Vlaamse kmo in Geel, ontwikkelt zeer dunne metalen platen die gebruikt worden in brandstofcellen en elektrolyzers;
- Umicore kan de edelmetalen leveren (en recycleren) die nodig zijn voor elektrolyzers en brandstofcellen.

Er zijn ook andere bedrijven die zouden kunnen profiteren van de ontwikkeling van de waterstoftechnologie (spill-over) bijv. als leverancier van onderdelen. Enkele voorbeelden zijn Aleris met aluminium platen voor elektrolyzers, of zelfs Aurubis op het gebied van koper. Bekaert levert Ni-schuim voor elektrolyse.

Vermeldenswaardig is ook dat er naast de bovengenoemde technologieën in Vlaanderen nog andere (toekomstige) groene routes voor de productie van waterstof in volle ontwikkeling zijn, met steun van de Vlaamse overheid, zoals de waterstofpanelen aan de KU Leuven (zie ook 4.3.2.5.1). Voor een evaluatie van de maatregelen op korte en middellange termijn (d.w.z. tot 2025 tot 2030) hebben zij wellicht voorlopig geen vergelijkbare rol te spelen ten opzichte van de bovenvermelde meer mature technologieën, en zullen zij eerder onderwerp zijn van verdere O&O in de aanloop naar 2050.

4.3.2.2.2 Technologie-ontwikkeling voor opslag en distributie

- Atlas Copco ontwikkelt waterstofcompressoren, die belangrijk zijn voor de opslag van waterstof in tanks onder hoge druk;
- Plastic Omnium ontwerpt composiet opslagtanks voor waterstof onder hoge druk (tot 700 bar);

⁵¹ PEM: Polymer electrolyte membrane

- Delta Engineering ontwikkelt plasmacoatingtechnologie voor waterstoftanks;
- AMS Belgium is een producent van liners van PE en PA voor de binnenkant van waterstoftanks, wat een uniek continu productieproces mogelijk maakt;
- OCAS, het wereldwijde R&D-centrum van ArcelorMittal, ontwerpt staalsoorten die gebruikt kunnen worden om veilig waterstof te genereren, op te slaan en te transporteren.

4.3.2.2.3 Technologie-ontwikkeling voor gebruik van waterstof

Ook voor de toepassing van waterstof in industriële processen, mobiliteits- en transporttoepassingen (use/applications) is vaak nog een belangrijke R&D-component nodig.

Mobiliteit

- Vlaanderen kent voornamelijk spelers in het segment zwaar vervoer. Grote 'auto'spelers als Van Hool, VDL (ex Jonckheere) of Toyota Motors Europe ontwikkelen Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV). Van Hool richt zich op bussen, VDL op bussen en vrachtwagens en E-Trucks op vuilniswagens;
- In Gent ontwikkelt Anglo Belgian Corporation waterstofverbrandingsmotoren voor zware mobiliteitstoepassingen (goederentreinen, containerschepen, enz.). Ze hebben ook een joint venture, BeHydro, met CMB (Compagnie Maritime Belge) om in de loop van 2020 haar eerste waterstofmotor op de markt te brengen;
- Arteco Coolants ontwikkelt koelvloeistoffen voor fuel cells.

Huishoudelijk gebruik

- Solenco Power ontwikkelt elektrolyse/brandstofcellen systemen voor residentiële toepassingen;
- Van Wingen ontwikkelt en test WKK⁵²-systemen met motoren op waterstof.

Figuur 12: Overzicht van de Vlaamse topspelers m.b.t. waterstof

		
▪ Van Hool	: grootste Europese leverancier bussen op waterstof	Lier
▪ E-Trucks	: grootste Europese leverancier vuilniswagens op waterstof	Lommel
▪ Hydrogenics	: top Europese leveranciers waterstofgeneratoren (Cummins)	Oevel
▪ Agfa Gevaert	: top Europese leverancier membranen voor elektrolyse	Mortsel
▪ Borit	: top Europees leverancier platen voor brandstofcellen/elektrolyse	Geel
▪ Solenco Power	: unieke producent waterstoftoepassingen in huizen	Turnhout
▪ VDL	: unieke producent bussen/vrachtwagens op waterstof	Roeselare
▪ Plastic Omnium	: unieke producent opslagvaten waterstof	Zonhoven
▪ Atlas Copco	: ontwikkeling compressoren voor waterstof	Wilrijk
▪ Colruyt – Eoly – DATS24	: unieke Europese speler/investeerder over ganse H2-keten	Halle
▪ CMB	: ombouw vaartuigen naar waterstof	Antwerpen
▪ ABC	: ombouw motoren naar waterstof	Gent
▪ J-P Van Wingen	: WKK met motor op waterstof	Wondelgem
▪ COKAT/KULeuven	: unieke zonnepanelen om direct waterstof te produceren	Leuven
▪ OCAS	: expertise interactie staal en waterstof	Gent

⁵² WKK: warmtekrachtkoppeling

Industrieel gebruik

Daarnaast zijn bedrijven in 'hard to abate' sectoren voor koolstofneutraliteit geïnteresseerd in het gebruik van groene waterstof om de vereiste emissiereducties te halen. Vlaanderen heeft een hoge concentratie aan verschillende koolstofintensieve/energieintensieve industriële sectoren, zoals de staal-, cement-, chemie- of zelfs non-ferrometaalsector, die gebruik zouden kunnen maken van waterstof om hun CO₂-uitstoot te verminderen, door middel van verschillende toepassingen zoals:

- Vervanging van het klassieke koolstofreductiemiddel voor hun processen door groene waterstof;
- Vervanging van fossiele brandstoffen door waterstof (of van waterstof afgeleide fossiele brandstoffen) om de vereiste proceswarmte te verkrijgen;
- Vervanging van 'grijze' waterstof door 'groene' of 'blauwe' waterstof als grondstof (in de chemische industrie).

Enkele voorbeelden:

- Arcelor Mittal in de haven van Gent kan groene waterstof gebruiken ter vervanging van de cokes als reductiemiddel voor ijzererts en zo CO₂-uitstoot te vermijden, of om te werken aan concepten zoals CCU en CCS.
- Aleris Aluminium in Duffel is een van de grootste producenten van gewalste aluminiumproducten. Ook zij zouden groene waterstof (of gas afgeleid van waterstof) kunnen gebruiken in hun ovenprocessen ter vervanging van fossiele brandstoffen.
- AirLiquide is de grootste producent en leverancier van waterstof aan de chemie heeft een uniek ondergronds leidingnet voor industriële waterstof in Vlaanderen.
- Waterstof wordt ook geproduceerd als bijproduct van chemische processen, bijvoorbeeld bij de PDH-plant van Borealis. Of bij de productie van chloor (Innovyn)

4.3.2.3 Waterstofnet

Een troef voor Vlaanderen is WaterstofNet en de Waterstof Industrie cluster (zie 4.3.2.4.1). De rol die WaterstofNet de voorbije 10 jaar heeft gespeeld in de structurering en netwerking van het Vlaamse innovatielandschap in het domein van waterstof en brandstofcellen is onmiskenbaar.

WaterstofNet fungeert als neutraal kenniscentrum voor heel wat industriële spelers in Vlaanderen (en zelfs in Nederland) die innovatie-ambities hebben in het domein van waterstof. Daarnaast fungeert WaterstofNet ook voor de Vlaamse, Belgische en Nederlandse overheid als een waardevol aanspreekpunt voor actuele informatie omtrent waterstofambities en projecten in Vlaanderen. WaterstofNet is sterk aanwezig in Europese belangenverenigingen (zoals de FCH JU en Hydrogen Europe) en op het internationale niveau (Technology Collaboration Programme Hydrogen) waardoor het de prioriteiten van Vlaamse industriële spelers mee op de kaart kan zetten. De voorbije 10 jaar is WaterstofNet erin geslaagd heel wat financiering te mobiliseren vanuit de industrie en Europa. Het track record van Vlaamse projecten met cofinanciering vanuit Interreg, Europese kaders..., dat werd gerealiseerd onder coördinatie van WaterstofNet is aanzienlijk:

Overzicht gerealiseerde projecten: <https://www.waterstofnet.eu/nl/overzicht-projecten/overzicht-projecten> (periode 2009-2013)

Overzicht nog lopende en gerealiseerde projecten: <https://www.waterstofnet.eu/nl/waterstofregio-2-0> en <https://www.waterstofnet.eu/nl/overzicht-projecten/overzicht-projecten>.

De gerealiseerde projecten situeren zich voornamelijk in de domeinen van mobiliteit en elektriciteit. De initiële focus op mobiliteit wordt thans verbreed mede onder invloed van de groeiende Europese en internationale belangstelling en erkenning (zowel op politiek niveau als door de bedrijven) van de bijkomende cruciale rollen die waterstof kan opnemen in de vergroening van ons energiesysteem (netbalanceren en vergroening van het aardgas) en de verduurzaming van onze industrie (groene waterstof als grondstof of bouwblok van basismoleculen voor o.m. de chemie, de voeding... of ter vervanging van grijze waterstof in industriële processen).

4.3.2.4 Waterstof in de clusterwerking

Naast een IBN (Innovatief Bedrijfsnetwerk) specifiek rond waterstof, komt waterstof aan bod in de werking van diverse speerpuntclusters in Vlaanderen. Ook zijn er meerdere interclusterprojecten rond waterstof. Hieronder wordt een overzicht gegeven.

4.3.2.4.1 IBN power to gas/Waterstof Industrie Cluster

Het 'Power to gas' Innovatief Bedrijfsnetwerk ging in 2016 van start naar aanleiding van de 'power-to-gas' roadmap studie voor Vlaanderen (2014-2015). Na beëindiging van het subsidietraject door VLAIO⁵³ gaat de cluster sinds september 2019 op eigen kracht verder en werd die 'herdoopt' tot Waterstof Industrie Cluster. Er wordt ook gewerkt aan uitbreiding naar Nederland. Deze cluster, waarin ondertussen meer dan 55 bedrijven (en enkele kennisinstellingen) verenigd zijn, ontwikkelt concrete projecten om gezamenlijk kennis op te bouwen om zodoende in vervolgstappen de technologie, technisch-economisch verantwoord te kunnen gaan opschalen. WaterstofNet vzw coördineert de cluster sinds 1 september 2016.

4.3.2.4.2 Flux50

Binnen Flux50 komt waterstof aan bod binnen twee focusgroepen nl. deze rond energieopslag en deze rond duurzame thermische energie. Focusgroepen zijn werkgroepen waarbij de leden samen een toekomstvisie uitwerken rond een specifiek thema, zoals over wat de rol van onder andere waterstof kan zijn binnen dat specifiek thema. In het thema van energieopslag wordt voornamelijk gekeken naar de rol die waterstof kan spelen om de intermittente natuur van hernieuwbare bronnen te overwinnen en dit met een focus op periodes van langdurige lage productie (de zogenaamde dunkelflaute, een jaarlijkse periode van een tweetal weken met veel bewolking en weinig wind). Tevens wordt bekeken in welke vorm deze waterstof dan best wordt opgeslagen (liquified, binden met CO₂, ...). In het thema van duurzame warmte komt onder andere de topic van bijmenging van waterstof in het gasnetwerk aan bod en worden ook de mogelijkheden van biogas om waterstofproductie te vergroenen, bekeken.

In de projectportfolio van Flux50 zijn dan ook verschillende initiatieven m.b.t. waterstof terug te vinden. Binnen de gewone clusterwerking volgt Flux50 verschillende initiatieven op rond P2X⁵⁴ zoals HyOffWind (uitloper van ICON in uitvoering GreenPorts), CCU Hub Gent, TerraNova Solar, P2Methanol Antwerpen. Verder is er een haalbaarheidsstudie in evaluatie in verband met waterstofimport (zie 4.3.2.7).

⁵³ Een IBN wordt voor drie jaar gesubsidieerd door VLAIO

⁵⁴ P2X: power to X (bijv. Power to gas)

Waterstof is een cross-sector thema waarin materiaalaspecten, chemische processen en energie-infrastructuur samenkomen. In de interclustercontext werkt Flux50 aan twee dossiers rond de productie (ICON) en transport van waterstof (Haalbaarheidsstudie).

In de Moonshot is dit een duidelijk fenomeen waarin waterstof zich voornamelijk bevindt in het door de speerpuntcluster energie (Flux50) ondersteunde MOT (Moonshot OnderzoeksTraject) rond energie, en tevens wordt behandeld in het traject rond elektrificatie. Hierin komen een aantal interessante lange termijn onderzoeken naar voor, zoals een opschalingsinstallatie voor de productie van waterstof panelen (ROLECS), alsook de opslag van waterstof in clathraten.

4.3.2.4.3 Catalisti

Binnen Catalisti, de Vlaamse speerpuntcluster voor chemie en kunststoffen, fit het topic 'waterstof' in het innovatieprogramma 'proces intensificatie en transformatie'. De beoogde innovaties kunnen incrementeel zijn, i.e. het verbeteren van bestaande processen of nieuwe methoden om bestaande processen uit te voeren, maar ook radicaal, i.e. baanbrekende innovaties die leiden tot volledig nieuwe processen. Zoals eerder aangehaald in dit document vereist het realiseren van een koolstofarme chemische industrie o.a. een procestransformatie van de waterstofproductie, meer specifiek van de klassieke stoomomvorming (SMR) naar nieuwe, CO₂-arme technologieën zoals elektrolyse. Belangrijk hierbij is dat voor Catalisti de focus ligt op waterstof als 'feedstock' voor de chemische industrie (zie figuur 2; onderdeel 7). Zo kunnen bijvoorbeeld mengsels van waterstof, CO en CO₂ gebruikt worden om belangrijke platformchemicaliën op te bouwen voor de chemische waardeketen van de chemische industrie. Op het gebied van hernieuwbare energie en energiedragers staat de chemische sector niet aan het stuur, maar als grote energiegebruiker en leverancier van technologische oplossingen speelt de chemische sector een belangrijke rol in deze evolutie.

Gezien de cruciale rol van de chemische, petrochemische en staalnijverheid bij het terugdringen van de industriële CO₂-uitstoot heeft de Vlaamse Regering de coördinerende rol bij de uitvoering van het Moonshot-initiatief toevertrouwd aan Catalisti waarin waterstof een belangrijke onderdeel is. Voor meer informatie, zie onderstaande paragraaf.

4.3.2.4.4 Moonshot

Het Moonshot initiatief van de Vlaamse regering voorziet een financiering van onderzoeksprojecten voor een CO₂-arm Vlaanderen in 2050, waarbij de chemie, petrochemie en staalnijverheid centraal staan. De oproep is georganiseerd in 4 trajecten (MOTs) met nadruk op biomassa (MOT1), circulaire economie (MOT2), elektrificatie en radicale procestransformatie (MOT3), en energie-innovatie (MOT4). De Moonshot Governance Board vertegenwoordigt de belangen van de Vlaamse chemie-, petrochemie- en staalsector.

Drie soorten projecten worden gesteund: sprint cluster SBO projecten om in 1.5 jaar een nieuw concept uit te testen; full cluster SBO projecten voor 4 jaar om uniek, innovatief en disruptief onderzoek te ondersteunen, en later stage projecten die gericht zijn op het verder ondersteunen en versnellen van onderzoeksmogelijkheden die hun haalbaarheid al bij lage TRL hebben bewezen. Groene waterstof productie, opslag en transport met lage CAPEX en OPEX en valorisatie van restwarmte werden als prioritaire thema's voor MOT4 naar voor geschoven bij bevraging van de Industriële leden van Catalisti en Flux50. In het Moonshot programma komt waterstof uitvoerig aan bod, als chemische bouwsteen in

de omzetting van biomassa tot producten en materialen (MOT1), in de Carbon Capture and Utilisation (CCU) projecten en synthese van groene ammoniak in MOT3, en in nieuwe concepten van waterstof opslag (clathraten) en productie (waterstofpanelen, in MOT4).

4.3.2.4.5 VIL

In het project Hydrolog onderzoekt VIL i.s.m. WaterstofNet de mogelijkheden van het gebruik van waterstof voor interne transportmiddelen. Door de uitwerking van een business model waarbij verschillende bedrijven beleverd worden door een mobiel waterstoftankstation, wil het project de transitie naar een kostenefficiënt gebruik van waterstof faciliteren. De deelnemende bedrijven binnen Hydrolog zijn: Aertssen, Air Liquide, Antwerp Euroterminal (AET), Brussels Airport, Delhaize, DEME, Ecosource, Engie, Fluxys, Kalmar, Motrac, MPET, POM Limburg, PSA Antwerp en STILL.

Binnen de logistieke sector groeit de interesse in zero-emissie oplossingen om zo de impact op luchtkwaliteit te verminderen. In stedelijke gebieden kunnen elektrische vrachtwagens een oplossing zijn. Hun bereik blijft echter beperkt en daarom bieden batterij-elektrische voertuigen geen oplossing voor zwaar vrachtvervoer over grote afstanden. Elektrische vrachtwagens met een waterstof brandstofcel die het bereik verlengt, bieden die oplossing wel. In de EU zijn dit soort voertuigen nog niet commercieel beschikbaar, al hebben ze een enorm potentieel. Het H2-Share project (dat staat voor 'Hydrogen Solutions for Heavy-Duty Transport') wil dit potentieel aantonen. Binnen H2-Share zal een heavy-duty waterstoftruck en een mobiel waterstoftankstation gebouwd en gedemonstreerd worden, gericht op vermindering van emissies in Noordwest-Europa. WaterstofNet coördineert het project in samenwerking met een 15-tal partners waaronder VIL. Het heeft daarvoor goedkeuring gekregen van Interreg North-West Europe (NWE).

4.3.2.4.6 De Blauwe Cluster

De missie van de Blauwe Cluster is onder meer om synergiën te verkennen om de productie en opslag van energie op zee te verhogen. Binnen hun roadmap voor het domein 'Offshore hernieuwbare energie en zoetwaterproductie', is 'Offshore elektriciteit naar H₂(O) of 'X' één van de bouwblokken. Bij verdere grootschalige uitbouw van offshore windenergie kan lokale productie van waterstof en verdere omzetting in synthetische energiedragers (methanol, ammoniak, ...) of feedstock aanzienlijk bijdragen aan de energietransitie en het koolstofneutraal maken. De overtuiging is dat op termijn waterstof zal geproduceerd worden op die locaties waar de hernieuwbare energie geproduceerd wordt, en dat is offshore. In Europa bijvoorbeeld zal er tegen 2030 meer dan 40 GW offshore wind energie geïnstalleerd zijn. België is een pionier in offshore wind, maar we moeten blijven innoveren om deze positie te behouden. Een ander aspect is dat er belangrijke offshore toepassingen voor waterstof (en afgeleide moleculen) zijn. De scheepvaart bijvoorbeeld staat voor grote uitdagingen om te vergroenen, en algemeen wordt aangenomen dat waterstof daarin een prominente rol zal spelen.

Er zijn momenteel nog geen projecten in uitvoering rond waterstof, maar er zijn er wel twee in ontwikkeling. Het betreft in beide gevallen innovaties omtrent de omzetting van offshore energie in waterstof.

4.3.2.5 Waterstofonderzoek aan de kennisinstellingen

Hoewel IPCEI enkel voor bedrijven van toepassing is (afwijking van staatssteun) mag het belang van O&O&I aan de kennisinstellingen niet onderschat worden. De inbreng van universiteiten en onderzoekscentra voor onderzoek over waterstof is en blijft zeer belangrijk omdat dit op langere termijn een oplossing kan bieden voor bepaalde technologische uitdagingen. Om beter zicht te krijgen op het onderzoek dat aan onze kennisinstellingen gebeurt, heeft VARIO een beroep gedaan op het FRIS-team van het departement EWI, om in kaart te helpen brengen:

- Welke onderzoeksgroepen betrokken zijn bij onderzoek m.b.t. waterstof;
- Om welke specialisatiegebieden het gaat;
- Welke onderzoeksbudgetten hiermee gepaard gaan;

Deze informatie (zie ook bijlage 5) werd verkregen op basis van de gegevens voor projecten en publicaties m.b.t. het onderzoek aan de universiteiten in de periode 2015-2020, aanwezig in FRIS op 4 juli 2020. Hoewel deze oefening een 'eerste, ruw' overzicht biedt, is dit niet exhaustief en moeten we enkele kanttekeningen maken bij de resultaten:

- Deze selectie bevat ruis, d.w.z. onderzoek dat wel de betreffende zoektermen bevat, maar geen betrekking heeft op onderzoek dat binnen de scope van deze IPCEI-verkenningsoefening valt.
- Bepaalde stakeholders die relevant kunnen zijn m.b.t. dit onderzoek ontbreken in FRIS (bijv. VITO,...)
- Spelers zoals VIL leveren aan FRIS enkel die projecten aan die worden gefinancierd door VLAIO. De rest van hun onderzoeksportfolio ontbreekt in FRIS.
- Budgetten zijn onderschat (omdat niet elk project budgetten heeft (bijv. sommige mandaten en onderzoek op eigen werkingsmiddelen)). Anderzijds is er mogelijk een overschatting van projecten die niet helemaal binnen de doelstellingen van IPCEI vallen.

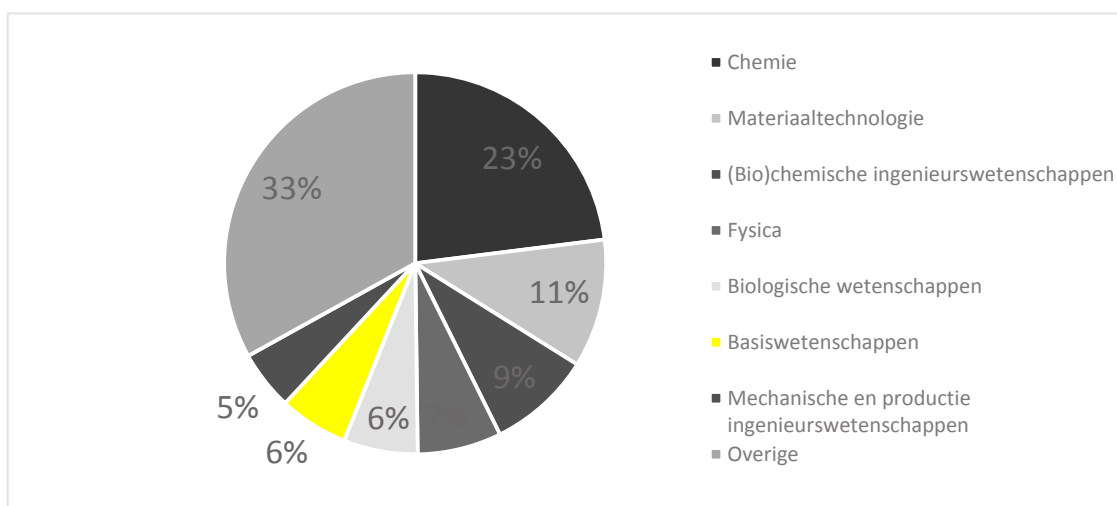
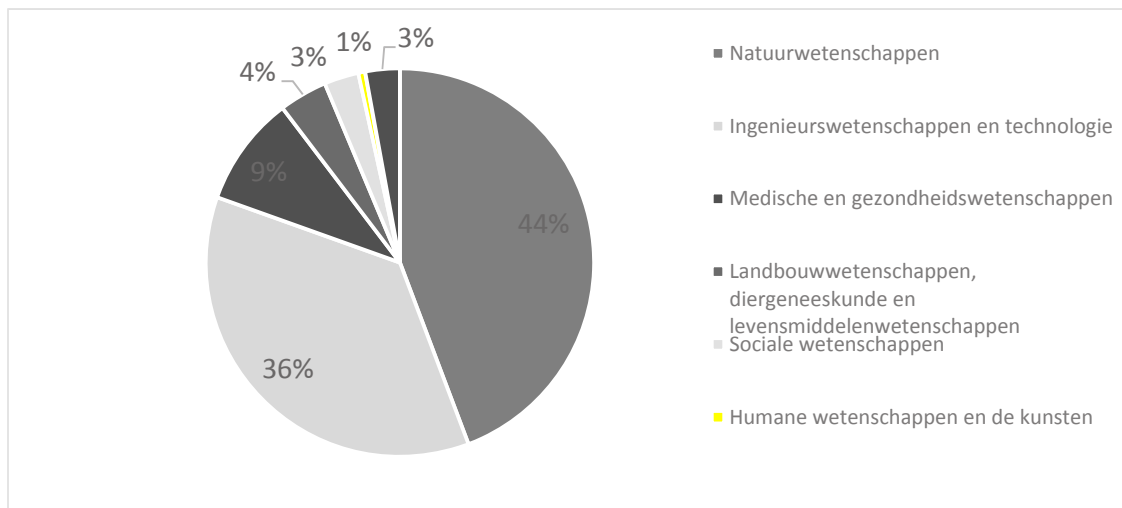
De zoekopdracht leverde volgend resultaat op:

- 129 projecten bij de universiteiten (127) en VIL (2)
- 799 publicaties bij de universiteiten (793), ILVO (6), ITG (1)

Ongeveer 0,7% van het onderzoek aan de Vlaamse universiteiten (en VIL) heeft betrekking op waterstof. Het gaat om gemiddeld 22 projecten en 4,7 miljoen euro per jaar. Deze middelen komen vooral uit Vlaanderen (2/3) en het Europese niveau (30%). Ongeveer 3% van de middelen komen van het federale niveau. Binnen de Vlaamse middelen zijn vooral de instrumenten voor grensverleggend onderzoek BOF en FWO (40% van het totale budget) aangesproken. Instrumenten voor meer toepassingsgericht onderzoek (VLAIO/IWT, IOF, andere) zijn goed voor 20% van het budget. 8% tot slot komt van de universiteiten zelf.

Waterstofonderzoek in Vlaanderen (zoekopdracht projecten) situeert zich in hoofdzaak in de natuurwetenschappen (44%) en de ingenieurswetenschappen en technologie. Bekijken we de disciplines meer in detail dan zien we dat waterstofonderzoek in Vlaanderen zich in hoofdzaak situeert in de subdomeinen van Chemie (23%), Materiaaltechnologie (11%) en de (Bio)chemische ingenieurswetenschappen (zie figuren 13 en 14).

Figuren 13 en 14: Overzicht van de belangrijkste domeinen voor waterstofonderzoek



Bron: FRIS

Vervolgens gaan we bij wijze van voorbeeld dieper in op enkele van deze waterstofexpertises om de diversiteit te belichten.

4.3.2.5.1 KU Leuven

De waterstofpanelen die waterstof produceren rechtstreeks uit zonne-energie en water uit de lucht, vloeien voort uit onderzoek van het Centrum voor Oppervlaktechemie en Katalyse: Karakterisatie en Applicatie Team (COK-KAT) van de KU Leuven. Deze wereldprimeur, omwille van de energie-efficiëntie van 15%, zette Vlaanderen in 2019 in het wereldnieuws. Momenteel wordt dit concept doorontwikkeld naar

een industrieel product met Moonshot 'later-stage' financiering. Een recent goedgekeurd H2020 project 'Hydrogen and Photovoltaic electrification on farm' handelt over de combinatie van waterstofproductie en landbouw.

4.3.2.5.2 UGent

Waterstof kan ook worden geproduceerd in een 'Microbial Electrolysis Cell (MEC)' waarin bacteriën die groeien op een anode de organische verontreiniging in afvalwater oxideren. De technologie combineert waterzuivering en energieproductie. In het kathodecompartiment komt waterstof vrij door reductie van water. Hoewel het systeem niet volledig energieneutraal is, vraagt het maar een fractie van de energie nodig bij klassieke elektrochemische elektrolyse. De UGent (Center for Microbial Ecology and Technology (CMET)) heeft samen met het bedrijf QinetiQ Space door middel van een geautomatiseerde pilootinstallatie in het bedrijf onderzocht hoe het MEC-proces te sturen en sluitende massabalansen op te stellen. Hoewel het project uitgevoerd werd in het kader van een ESA⁵⁵-opdracht, is het consortium geïnteresseerd om industriële toepassingen van de MEC-technologie verder uit te werken.

4.3.2.5.3 UAntwerpen

Aan de UAntwerpen lopen projecten om waterstof te produceren uit luchtpolluenten en op deze manier energie te winnen en tegelijk luchtpollutie te bestrijden. Verder lopen er projecten rond aspecten van productie en opslag van waterstof.

4.3.2.5.4 VKI

Het von Karman Instituut voor Vloeistofdynamica (VKI) heeft door middel van projecten op het gebied van cryogene voortstuwing in ruimtetoepassingen een uitgebreide technische kennis over waterstof opgebouwd en kan een bijdrage leveren aan innovatieprojecten en activiteiten met betrekking tot het gebruik van waterstof in transport- (T), energie-opslag (E) en veiligheidstoepassingen (S), en dat voor volgende onderzoeksthema's:

- Warmteoverdracht en isolatie voor opslag (T, E)
- Sloshing (vloeibare (cryogene) waterstoftoepassingen) (T)
- Nadelig effect in het leidingwerk bij transport van (cryogene) vloeistoffen (T, E)
- Compressie-efficiëntie (T, E)
- Thermisch & Dichtheidsrendement (E, T)

Een van de belangrijkste aandachtspunten bij het werken met (vloeibare) waterstof is de veiligheid, gerelateerd aan het hoge risico op explosies. Het VKI kan de besluitvorming over waterstofinstallaties ondersteunen door het uitvoeren van veiligheidsstudies.

4.3.2.5.5 IMEC en VITO

Ook Imec en VITO bundelen hun krachten in onderzoeksprojecten rond waterstof. Zij ontwikkelen bijv. nieuwe concepten voor elektrolyse met originele onderdelen zoals nikkel.

Imec heeft samen met KU Leuven (binnen de EnergyVille samenwerking) een uniek materiaal ontwikkeld wat een doorbraak kan betekenen voor een heel aantal duurzame toepassingen. Het nieuwe materiaal is

⁵⁵ European Space Agency

een extreem regelmatig driedimensionaal (metaal)rooster op nanometerschaal. Vanwege zijn uitzonderlijke materiaaleigenschappen én de eenvoud om het te produceren, verwacht men dat het op grote schaal kan ingezet worden in de industrie. Denk aan efficiëntere batterijen, betere katalysatoren, brandstofcellen of waterstofproductie.

4.3.2.5.6 EnergyVille

EnergyVille is een samenwerking tussen de onderzoekspartners KU Leuven, VITO, imec en UHasselt voor onderzoek naar duurzame energie en intelligente energiesystemen. EnergyVille ontwikkelt de technologieën en kennis om publieke en private stakeholders te ondersteunen bij hun transitie naar een energie-efficiënte, 'gedecarboniseerde' en duurzame stedelijke omgeving. De activiteiten zijn verzameld in zes interdisciplinaire domeinen: zonne-energie, elektrische en thermische opslag, vermogenelektronica en conversie, gebouwen en districten, strategieën en markten. Ook binnen de werking van EnergyVille komt waterstof aan bod (bijv. zie boven en 4.2.1.3.5).

4.3.2.5.7 SIM

Eén van de drie 3 SIM-thema's is 'energie en licht'. Hierin is waterstof belangrijk omdat dit bijv. als brandstof voor elektrisch aangedreven voertuigen een alternatief is voor de batterij in de zogenaamde fuel cells. Daarnaast is het ook een opslagmogelijkheid voor windenergie op zee op momenten dat er teveel energie aanbod is. De overbodige windenergie kan dan aangewend worden om uit water H₂ op te wekken en die op te slaan.

Waterstof vraagt heel wat materiaalontwikkeling. Waterstof-atomen zijn namelijk zeer klein waardoor ze kunnen binnendringen in materialen en hun structuur nadelig beïnvloeden.

Op heden loopt binnen SIM samen met Flux50 bij VLAIO een indiening voor een interclusterproject voor nog een andere toepassing in het energiegebied.

4.3.2.6 Demonstratieprojecten

Naast de aanwezigheid van een relatief groot aantal belangrijke technologiespelers op vlak van waterstof, eindgebruikers en producenten van hernieuwbare elektriciteit, die gericht samenwerken rond waterstof, onderscheidt Vlaanderen zich ook door heel track record van unieke Vlaamse demonstratieprojecten die zich voornamelijk richten op waterstof in transport: tankstations, auto's, heftrucks, bussen, vuilniswagens. De initiële focus op mobiliteit wordt thans verbreed mede onder invloed van de groeiende Europese en internationale belangstelling en erkenning (zowel op politiek niveau als door de bedrijven) van de bijkomende cruciale rollen die waterstof kan opnemen in de vergroening van ons energiesysteem (netbalancing en vergroening van het aardgas) en de verduurzaming van onze industrie (groene waterstof als grondstof of bouwblok van basismoleculen voor o.m. de chemie, de voeding,...of ter vervanging van grijze waterstof in industriële processen). Voor veel van die demonstratieprojecten was waterstofnet de coördinerende kracht. Voor een overzicht naar de website verwezen: <https://www.waterstofnet.eu/nl/waterstofregio-2-0>.

4.3.2.7 Onze havens en waterstof

Ook de havens spelen een belangrijke rol in het waterstofecosysteem, o.m. voor de import en het transport van waterstof, maar ook omdat waterstof kan worden gebruikt om de havenactiviteiten en industriële processen van actoren koolstofneutraal te maken. Bedrijven in 'hard to abate' sectoren voor klimaatneutraliteit (zoals chemie, cement, staal of scheepvaart) zijn immers vaak gevestigd in havengebieden. Ook veel van de (potentiële) eindgebruikers zijn in de haven gevestigd, bijv. in de logistieke sector.

Dat de transitie naar duurzame energie (terecht) zeer hoog op de agenda van onze havens staat, blijkt uit de vele initiatieven die hier op gericht zijn.

4.3.2.7.1 Import coalitie

Zeven grote industriële spelers en publieke stakeholders (Deme, Engie, Exmar, Fluxys, Port of Antwerp, Port of Zeebrugge en WaterstofNet) bundelen hun krachten in een gezamenlijke studie om de schouders te zetten onder concrete projecten die het produceren, importeren, transporteren en opslaan van waterstof gestalte geven. Dit kadert in de klimaatdoelstelling om in 2050 80% minder CO₂ (ten opzichte van 2005) uit te stoten in België. In de eerste fase maken de partners een gezamenlijke analyse van de volledige import- en transportketen van waterstof. De opzet is om de financiële, technische en regelgevende aspecten in kaart te brengen van de verschillende onderdelen in de logistieke keten: productie, laden en lossen en transport over zee en via pijpleidingen. De uitkomst van de analyse moet een roadmap zijn die aangeeft welke de beste manier is om waterstof te vervoeren voor de verschillende toepassingen binnen de energie- en chemiesector. Dit moet dan de brug vormen naar het opzetten van concrete projecten.

4.3.2.7.2 HyOffWind/Zeebrugge: eerste power to gas installatie op industriële schaal in België

Een consortium met Eoly en Parkwind, respectievelijk de groenestroomleverancier en de windparkdochter van de Colruyt Group, en gasnetbeheerder Fluxys gaat investeren in een grote waterstoffabriek (25 megawatt) in Zeebrugge. Met stroom van de windparken op zee gaan ze in een elektrolyse-installatie waterstof produceren voor de industrie, het transport en om als groene energie te injecteren in het Belgische gasnet. Het project dat de naam Hyoffwind draagt, gaat om een investering van 30 tot 35 miljoen euro. Hieraan ging een haalbaarheidsstudie 'Greenports' vooraf, gesteund binnen de oproep 'transitieprioriteiten' bij VLAIO. Hyoffwind krijgt ook steun van het federale Energietransitiefonds.

4.3.2.7.3 Aankondiging Hyport/Haven Oostende

De haven Oostende, het baggerbedrijf Deme en de Vlaamse investeringsmaatschappij PMV kondigden in januari 2020 aan dat ze samen in de Oostendse haven eveneens een commerciële fabriek willen bouwen die groene waterstof produceert. In een eerste fase wordt de algemene haalbaarheid verder onderzocht en een ontwikkelingsplan uitgewerkt. Daarna wordt een innovatief demonstratieproject met mobiele walstroom⁵⁶ gestart. Tegen 2022 start de uitrol van een grootschalig walstroom-project, gevoed met groene waterstof. De eindmeet is voorzien in 2025 met een commerciële groene-waterstoffabriek in het kader van de geplande nieuwe offshore-windconcessies. In het nieuwe marien ruimtelijk plan werd

⁵⁶ Walstroom is een begrip waarmee wordt aangegeven dat een schip gebruikmaakt van een aansluiting op het elektriciteitsnet van de wal. Varende schepen gebruiken eigen generatoren om elektriciteit op te wekken, maar in de haven is het laten draaien van dieselmotoren onnodig milieubelastend.

immers ruimte voorzien voor nog eens een paar honderd windturbines die zo'n extra 1,75 GW gaan opleveren. Samen gaan die windmolens zo'n 4 GW capaciteit groene stroom opwekken. Die pieken in de productie van windenergie vallen echter zelden samen met de verbruikspieken. Dankzij de bouw van de fabriek hopen de Oostendse haven, Deme en PMV 'de discontinuïteit tussen productie en verbruik' op te kunnen vangen door het overschot van groene energie via de omzetting in waterstof tijdelijk op te slaan, ofwel ze te gebruiken als grondstof voor de plaatselijke industrie, die zo groener zal kunnen produceren.

4.3.2.7.4 Power to Methanol project/haven Antwerpen

Antwerpen is de vijfde grootste bunkerhaven ter wereld. Ze heeft dus een belangrijke rol te spelen in de overgang naar 'groene' brandstoffen. De haven van Antwerpen wil tegen 2025 een Multi-Fuel haven worden, een haven waar naast conventionele brandstoffen ook alternatieve, meer duurzame brandstoffen zoals waterstofgas beschikbaar kunnen worden gesteld⁵⁷

In de haven van Antwerpen werd in mei 2020 een consortium van zeven spelers opgericht om een 'power-to-methanol' demofabriek te bouwen. ENGIE, Fluxys, Indaver, INOVYN, Oiltanking, Port of Antwerp en de Vlaamse Milieuholding (VMH) engageren zich om tegen 2022 met de bouw van de demofabriek te starten op de site van INOVYN. Zoals eerder besproken, is methanol een belangrijke grondstof met meerdere toepassingen in de chemische industrie, en ook veel toepassingen daarbuiten. Momenteel wordt methanol echter gewonnen uit fossiele bronnen. Het 'power-to-methanol'-project wil in de haven van Antwerpen een nieuw productieproces inzetten. Concreet zal duurzame methanol worden geproduceerd door opgevangen CO₂ te hergebruiken in combinatie met waterstof die op duurzame basis wordt opgewekt met behulp van groene energie in een nieuwe elektrolyse-installatie. Het afval-CO₂ zal worden opgevangen via Carbon Capture and Utilisation (CCU), waarbij ten minste een deel van de CO₂-uitstoot wordt teruggewonnen. Deze twee processen - CCU en elektrolyse - vormen samen de perfecte basis voor de productie van duurzame methanol. Het is de verwachting dat deze pilootfabriek tegen eind 2022 operationeel zal zijn en jaarlijks ongeveer 8.000 ton duurzame methanol kan produceren. Daarmee kan de installatie een deel van de lokale vraag naar methanol als basismolecule voor de chemie invullen.

4.3.2.7.5 CCU hub/North Sea Port⁵⁸

Om het hoofd te bieden aan de enorme klimaat en energie uitdagingen hebben vijftien publieke en industriële partners de ambitie om in het havengebied North Sea Port een Carbon Capture and Utilization Hub (CCU-hub) te realiseren. Het doel van de hub: het klimaatneutraal maken van het havengebied door een slimme combinatie van hernieuwbare energie, groene waterstof en gebruik van CO₂ als grondstof voor producten met toegevoegde waarde. De Gentse CCU-hub strategie omvat initieel vier productieprocessen op verschillende industriële sites in het havengebied. Door locatiekeuze en onderlinge verbindingen zullen deze sites maximaal geïntegreerd zijn voor: (1) de productie van waterstof/zuurstof, (2) de afvang en zuivering van CO₂, (3) de productie van methanol en (4) de productie van ammoniak. In een eerste fase ligt de focus op de productie van groene methanol; een belangrijke grondstof voor de chemische sector en in de nabije toekomst een mogelijke brandstof voor transport. Op termijn komen er ook producten bij die een hogere marktwaarde bezitten dan methanol, zodra de technologieën voldoende ontwikkeld zijn.

⁵⁸ <https://stad.gent/nl/ondernemen/ondersteuning-en-premies-voor-ondernemers/cleantech-cluster-regio-gent/projecten-partnerschap/carbon-capture-utilization-hub>

De technische voorstudie berekende dat het potentiële globale resultaat van de CCU-hub een vermindering van de uitstoot realiseert met 462.000 ton CO₂ per jaar. Dit is de som van vermeden en afgevangen CO₂. Dat is 5 % van de jaarlijkse CO₂-uitstoot van het grondgebied Gent. In mei 2019 werd de intentieverklaring tot samenwerking voor de ontwikkeling van een CCU-hub in de regio Gent ondertekend door Stad Gent, North Sea Port, UGent (CAPTURE), Bio Base Europe Pilot Plant, Cleantech Flanders, POM Oost-Vlaanderen, ENGIE, ArcelorMittal, Anglo Belgian Corporation, Alco Bio Fuel, Oiltanking, Terranova Solar en Fluxys en de speerpuntclusters Catalisti (chemie en kunststoffen) en Flux50 (energie).

4.3.2.7.6 Terranova solar/North Sea Port

Terranova Solar is het grootste zonne-energiepark in de Benelux. 55.000 zonnepanelen, die 17 MW aan elektriciteit per jaar genereren, leveren groene stroom voor meer dan 4000 gezinnen. Terranova Solar kijkt naar waterstof om hun zonne-energie op te slaan. De waterstof kan ingezet worden in industriële toepassingen in de Gentse haven en vrachtvervoer, zowel op de weg als op het water. In een Flux50-project in het kader van the Energy Harbors innovator zone, hadden Lampiris, Terranova Solar, Waterstofnet, North Sea Port and UGent eerder al een haalbaarheidsstudie uitgevoerd 'Sunshine' (zie 4.3.2.4.2).

4.3.2.7.7 HyFLOW/Green Octopus⁵⁹

De Green Octopus (figuur 15) is een grensoverschrijdend concept (Nederland en Vlaanderen) waarin een toekomstvisie wordt uiteengezet rond de uitbouw van een Vlaams-Nederlands industrieel ecosysteem dat gericht is op de grootschalige implementatie van waterstof om diverse sectoren koolstofneutraal te maken in de komende decennia. Het betekent o.m. de grootschalige productie van duurzame waterstof, gekoppeld aan duurzame energiebronnen, importeren via de havens, transporteren via een uitgebreid waterstofleidingnet (voornamelijk hergebruik aardgasinfrastructuur) en gebruiken in alle sectoren (industrie, transport, gebouwde omgeving). Het omvat onder meer een aantal initiatieven met langs Vlaamse zijde betrokkenheid van Vlaamse bedrijven (uit o.m. Waterstof Industrie cluster) en de Vlaamse havens (haven van Zeebrugge, North Sea Port, haven van Antwerpen).

Figuur 15: Green Octopus



Bron: HyFLOW/Green Octopus en grensoverschrijdende ecosystemen vanuit Vlaams-Nederlands perspectief

⁵⁹ HyFLOW/Green Octopus en grensoverschrijdende ecosystemen vanuit Vlaams-Nederlands perspectief, waterstofnet (2020)

4.3.3. Financiering voor waterstof projecten'

Het voorgaande toont niet alleen aan dat er al heel wat projecten van heel diverse aard - van O&O- tot en met demonstratieprojecten) - in Vlaanderen plaats vonden/vinden, maar ook dat daar al heel wat publieke steun/Vlaamse middelen naartoe zijn gegaan. Heel zeker is dit een onderschatting. Opnieuw zonder exhaustief te willen/kunnen zijn, gaan we hier onder meer op in.

4.3.3.1 VLAIO

Door VLAIO werden reeds meerdere projecten rond waterstof gesteund. Sommige, in het kader van de clusterwerking, andere binnen het reguliere kader. Voor een overzicht verwijzen we naar de overzichtsnota Waterstof van EWI (zie bijlage 3).

4.3.3.2 PMV

PMV volgt de ontwikkelingen van het potentieel van H₂ van nabij op en is betrokken bij een aantal projecten en ondernemingen die actief zijn in de H₂ sector. Ook hier verwijzen we naar de nota waterstof van EWI voor een overzicht.

Zoals in 3.4.2.5 vermeld worden ook de instrumenten voor grensverleggend onderzoek BOF en FWO vaak aangesproken.

4.3.3.3 Projecten met steun van Europa

Dat Vlaanderen veel expertise heeft met betrekking tot waterstof wordt ook bewezen door het feit dat onze regio redelijk succesvol is in het binnenhalen van Europese projecten. Zo heeft Vlaanderen, vaak mede onder trekkerschap van WaterstofNet, een belangrijk aandeel van Europese subsidies voor onderzoek en innovatie m.b.t. waterstof kunnen binnenhalen. Het gaat dan bijv. om projecten binnen de FCHF JU, Interreg,... Een overzicht wordt gegeven in de overzichtsnota waterstof van EWI (in bijlage 3).

4.3.4. Uitdagingen en opportuniteiten Vlaamse waterstofwaardeketen

Voor elk van de vijf boven aangehaalde IPCEI-pistes worden door het strategisch forum, en in de geraadpleegde documenten, uitdagingen geïdentificeerd, die zowel technologisch van aard zijn als de randvoorwaarden betreffen, en worden soms aanbevelingen gedaan voor remediëring. Zij kunnen de aanzet vormen tot IPCEI-projecten en worden hieronder besproken.

Deze uitdagingen werden in de interviews bevestigd voor Vlaanderen. Ook bijkomende specifiek Vlaamse uitdagingen werden aangebracht. Wat de technologische uitdagingen betreft, verwijzen we graag naar bovenstaand hoofdstuk waar de in Vlaanderen aanwezige expertise wordt uiteengezet.

4.3.4.1 Generation of hydrogen, mostly via water electrolysis

Het uitbouwen van een waterstofeconomie die inspeelt op alle toepassingen (zie 4.2.1.3) vergt heel veel waterstof. Voorlopig is het vooral grijze waterstof die in de bestaande markt aanwezig is. In een duurzaam systeem moet deze grijze waterstof op lange termijn vervangen zijn door groene en blauwe waterstof.

De technologie waar volop wordt op ingezet voor de productie van groene waterstof is elektrolyse van water. Voor het breder uitrollen van de elektrolysetechnologie op de markt is een grote beperkende factor het slechte 'kostenconcurrentievermogen', ten gevolge:

- (1) hoge marginale kosten (OPEX) vooral ten gevolge van de kosten van elektriciteit (ongeveer 80%).
- (2) hoge kapitaalkosten (CAPEX), waardoor een continue werking bij een maximale productie vereist is.

Het strategisch forum ziet hierbij volgende mogelijke oplossingen:

- Enerzijds moet de industriële elektrolyse worden opgeschaald om concurrerend te worden. Dat opschaling de eerste en grootste driver is voor kostenreductie in het domein van productie en distributie van waterstof en voor de manufacturing van systeemcomponenten is ook de belangrijkste bevinding uit het rapport van de Hydrogen council. Door opschaling zou er een kostenreductie tot 50% gerealiseerd worden tegen 2030 in een breed domein van toepassingen. Opschaling houdt toch wat uitdagingen in:
 - o Het vraagt grote investeringen, aligering van beleid en het creëren van de vraag of een markt.
 - o Een belangrijke bottleneck voor grootschalige opschaling is ook dat in de huidige elektrolyse specifieke materialen als Rhutenium en Iriridium gebruikt worden, die op de wereld maar beperkt aanwezig zijn. Echt grootschalige productie van waterstof zal op de beperkte beschikbaarheid van deze materialen stoten, en daarom moeten nieuwe concepten van elektrolyse ontwikkeld worden die geen last hebben van beperkte beschikbaarheid van materialen.
- Additioneel is er ook de impact van technologische doorbraken. Innovatie in de elektrolysetechnologie (bijv. elektrolyse bij hoge temperatuur) kan de fysieke efficiëntie verhogen en kosten reducerend werken. We leren uit het analytisch rapport ten behoeve van het strategisch forum⁶⁰ dat elektrolyse in het algemeen weliswaar een vrij mature technologie is, maar dat er verschillende alternatieve elektrolysetechnologieën bestaan met een verschillende TRL op vandaag (bijv. AEC of atmosferische alkalische elektrolyse: TRL 9, PEM of polymeer elektrolyt membraanelektrolyse: TRL 8, en SOEC of Stevige Oxide Elektrolyse: TRL 4-5). Dit duidt op een kloof tussen technologische rijpheid en de noodzakelijke opschaling van de productietechnologie om dit economisch rendabel te maken.

Voor Vlaanderen is een extra uitdaging de beperkte capaciteit om groene waterstof te produceren. Indien we willen inzetten op een waterstofeconomie is het beschikken over voldoende 'groene' waterstof cruciaal. Het is een voorbij gestreefde visie dat groene elektriciteit omzetten in waterstof pas 'nuttig' is als het gaat om overschotten ('peak shaving'). Echter, de investering in een elektrolyser die slechts bij productiepieken werkt, is niet te verantwoorden. Als transport en opslag mee in rekening worden gebracht - waarbij waterstof wel in het voordeel is ten opzichte van elektriciteit - dan is de continue omzetting van wind en zonne-energie in waterstof wel een haalbare optie. België zal wellicht nooit

⁶⁰ Analytical report on the Strategic Value Chain (SVC) on Hydrogen technologies and systems, (juni 2019)

voldoende duurzame stroom (uit wind- of zonne-energie) kunnen opwekken om de grote energievraag te dekken, waardoor nu reeds een deel van de nodige hernieuwbare energie geïmporteerd moet worden, zo ook voor waterstof.

Momenteel is er nog steeds onzekerheid over welke energiebronnen het meeste potentieel hebben om aan onze (hernieuwbare) energiebehoeften op de langere termijn te voldoen. De conclusie is dat dit niet door één enkele energiebron zal worden opgelost. Energie zal een mix blijven van verschillende dragers, waaronder groene waterstof. Voor elke locatie en toepassing is er een optimale energiedrager (elektriciteit, waterstof, vloeibare brandstoffen). Het zal er op aankomen een mix/palet van verschillende vormen van energie in te zetten⁶¹ wanneer we Vlaanderen zoveel mogelijk zelfvoorzienend willen maken op het vlak van energie. Waterstof is hierin (slechts) één van de mogelijkheden. Waar die waterstof vandaan moet komen, is een andere vraag. Het zal dus, naast een slimme mix van de verschillende vormen van duurzame energie, ook zaak zijn het ganse pallet aan productiemogelijkheden voor waterstof op een slimme wijze in te zetten en te gebruiken waar meest geschikt. Om de beste kosteneffectieve oplossing te vinden, moet de aanpak van de waterstofproductie technologieneutraal zijn en moeten alle productiewijzen worden overwogen om concurrerend te blijven, nieuwe markten en bedrijven te ontwikkelen en de opschaling van de productietechnologieën in evenwicht te brengen met de beste vergroeningstrajecten in de loop van de tijd. De combinatie van de hoger aangehaalde drie niveaus (mega-schaal, meso-schaal en microschaal) kan wellicht aan de behoefte van een CO₂-arm Vlaanderen in 2050 voorzien.

Vlaanderen heeft hiervoor een paar troeven in handen (zie 4.3.2 'ecosysteem')

- Veel bestaande (top)expertise wat elektrolyse betreft;
- De waterstofpanelen voor decentrale productie;
- De windmolenparken langs de Belgische kust;
- De havens voor invoer.

4.3.4.2 Transmission & transportation

De opslag en het transport van waterstof stellen ons voor grote uitdagingen, zowel op technologisch vlak als wat de randvoorwaarden (infrastructuur) betreft. In dit onderdeel wordt vooral op het transport en de distributie ingegaan; de opslag wordt in sectie 4.3.4.5 besproken.

De technologische uitdagingen zijn vooral een gevolg van de 'eisen' die waterstof stelt aan opslag en vervoer. Bij omgevingstemperatuur en -druk is waterstof een gas. Het kan echter opgeslagen en getransporteerd worden als een gas, vloeistof of gebonden in een vaste stof. Elk van deze toestanden brengt specifieke uitdagingen met zich mee. Belangrijke O&O-gebieden voor de verbetering van de infrastructuur voor het vervoer en de distributie van waterstof zijn onder meer⁶²:

- hogedrukgasopslag en ondersteunende technologieën;
- waterstofpijpleidingen op basis van aardgaspijpleidingstechnologie;
- waterstofcompressoren;
- cryogene vloeistofopslag, isolatie en ondersteunende technologieën;

⁶¹ <https://www.energyville.be/pers/opinie-het-klimaatdebat-door-de-ogen-van-energiwetenschappers>

⁶² BACAS, Royal Belgian Academy Council of Applied Science, (KVAB) 'Hydrogen as an energy carrier' (April 2006)

Verder wringt ook het schoentje in het feit dat opslag- en transportinfrastructuur enorm veel investeringsmiddelen vraagt. De operationele kosten zijn bovendien ook hoog. In het rapport van het strategisch forum⁶³ lezen we: *“Infrastructure for hydrogen can be made available for most parts, but the long payback periods and especially the perceived high financial risk need to be addressed to make the infrastructure available where needed. ... Infrastructure is a part of the chicken-and-egg problem for hydrogen: infrastructure is not built if there is no market for renewable and low-carbon hydrogen, and the market will not take off if there is no reliable and cost-efficient delivery of hydrogen”*.

Door de gelijkaardige fysische eigenschappen met aardgas, kan voor de distributie van waterstof wel tot op een bepaald niveau worden gebruik gemaakt van bestaande aardgaspijpleidingen. De bestaande pijpleidingen en infrastructuur voor aardgas kunnen worden omgebouwd tot een waterstofnet⁶⁴. Transport van gassen door pijpleidingen is de meest economische vorm van energietransport. Het is mogelijk om – in een eventuele overgangsfase - waterstof in het aardgas te mengen in bestaande pijpleidingen, voor zover de gaskwaliteit aanvaardbaar is voor de eindgebruiker. ‘Bijmengen’ van waterstof in het aardgasnet is sterk afhankelijk van het materiaal van het net en van de toepassingen. Internationaal wordt vaak als minimum 2% aangehouden. Voor een verder gaande omschakeling/bijmenging zijn wel aanpassingen nodig, zowel van het net (als van de branders zie 4.3.4.4). Deze omzetting moet geleidelijk gebeuren. Voor de levering van zuivere waterstof uiteindelijk dringen zich grotere aanpassingen aan het leidingennet op.

Volgens de Agoria-white paper (in voorbereiding) heeft België/Vlaanderen op dit vlak enkele unieke kenmerken:

- Een dicht en goed gevestigd gasnet;
- Het meest uitgebreide waterstofleidingnetwerk in Europa;
- Internationale elektrische en gasaansluitingen (incl. overzeese verbindingen);
- Dicht bij Duitsland en Nederland (landen met de ambitie om op Europees niveau nr. 1 en nr. 2 te worden - gerelateerd aan waterstof).

Het Belgische gasnet heeft een totale lengte van 4000 km en is zeer goed verbonden met de buurlanden. Die bestaande gasinfrastructuur zou ook een belangrijke rol kunnen spelen bij de levering van koolstofarme gassen: koolstofarme waterstof en biomethaan. Bovendien maakt de LNG-terminal in Zeebrugge grootschalige import van gas (en mogelijk in de toekomst van waterstof) (van buiten Europa) mogelijk.

Door het strategisch forum wordt ook aangehaald dat het elektriciteitsnet momenteel op veel plaatsen in Europa zijn capaciteitslimieten heeft bereikt en het niet haalbaar is om de capaciteit uit te breiden tot alle hernieuwbare elektriciteit die zal (moeten) worden opgewekt. Dit is zeker het geval voor

⁶³ Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU-industry – report of the strategic forum for important projects of common European interest

⁶⁴ Tot ver in de 20e eeuw werd waterstofrijk stadsgas of cokesovengas met een waterstofgehalte van meer dan 50 vol% bijvoorbeeld via gaspijpleidingen gedistribueerd naar huishoudens in Duitsland, de VS en Engeland - hoewel niet over lange afstanden. De destijds geïnstalleerde infrastructuurelementen, zoals pijpleidingen, gasinstallaties, afdichtingen, gastoestellen enz. werden voor het waterstofrijke gas ontworpen en later met de overstap naar aardgas aangepast.

Vlaanderen/België. Volgens de Agoria-white paper (in voorbereiding) heeft het Belgische elektriciteitsnet, in tegenstelling tot het aardgasnet, van oudsher een veel lagere interconnectie-capaciteit. Dit heeft bijgedragen tot hogere elektriciteitsprijzen in België dan in de buurlanden en brengt een risico met zich mee voor de voorzieningszekerheid. Dit toont aan hoe belangrijk het is om tijdig te investeren in onze energie-infrastructuur en de onderlinge verbindingen.

Het gasnet vormt bovendien een enorm reservoir: het kan lichte verhogingen of verlagingen van de druk aan, maar die vertegenwoordigen enorme hoeveelheden gas, dat op zich ook voor transport instaat. 'Terugsteken' van teveel aan waterstof op het net is goed mogelijk, dit in tegenstelling tot het elektriciteitsnet.

Bij een aantal chemische bedrijven wordt continu waterstof als bijproduct gemaakt (bijv. chloorelektrolyse), terwijl andere bedrijven (bijv. raffinaderijen) continu een waterstofbehoefte hebben voor hun processen. Die situatie van vraag en aanbod in de industrie zorgt ervoor dat nu reeds op tamelijk grote schaal waterstof getransporteerd wordt en dat er pijpleidingen zijn aangelegd. Zo heeft waterstofleverancier Air Liquide in de jaren '60 besloten om een uitgebreid ondergronds waterstofnet aan te leggen. Met als gevolg dat op vandaag België het meest uitgebreide waterstofleidingnetwerk in Europa heeft (613 km bij 100 bar). Het leidingnet is aangesloten op de (zee)havens van Rotterdam (Nederland), Antwerpen, Zeebrugge en Gent en is ook aangesloten op industrieterreinen in Charleroi (België) en Waziers (Frankrijk). België is daarom bij uitstek geschikt als testlocatie voor waterstofcentrales die elektriciteit en warmte opwekken⁶⁵.

Het netwerk zou ook kunnen worden gebruikt om waterstofgasstations voor elektrische voertuigen met brandstofcellen aan te sluiten. Vandaag de dag zijn er echter in Vlaanderen geen waterstoftankstations op dit netwerk aangesloten.

Dit uitgebreide leidingnet zal echter niet volstaan voor de noodzakelijke energietransitie. Voor bedrijven die baat zouden kunnen hebben bij het gebruik van waterstof, maar die niet binnen het bereik van dit netwerk liggen, moet een oplossing worden ontwikkeld. Andere landen zetten snel stappen en hebben ambitieuze doelen gesteld. Duitsland heeft zich ten doel gesteld een wereldleider op het gebied van waterstof te worden en de regering heeft een nationale waterstofstrategie⁶⁶ ontwikkeld om deze ambities waar te maken. Vandaag de dag heeft het al meer dan 60 waterstoftankstations (maar slechts 360 km aan waterstofpijpleidingen).

Ook hier beschikt Vlaanderen over technologische capaciteiten. De eerder vermelde grote projecten en de demoprojecten bieden eveneens opportuniteiten.

4.3.4.3 Use of hydrogen for mobility applications, mostly via fuel cell technology

Hier zien we zowel uitdagingen op het vlak van het voertuig zelf als op het vlak van infrastructuur. Wat dit laatste betreft, is er een grote overlap met de secties 'opslag' en 'distributie' van dit advies.

⁶⁵ M. Moradzadeh, B. Zwaenepoel, R. Boel, and L. Vandeveldde, "Use of energy storage for belgian power network," in 2013 IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC), Halifax, NS, Canada, 2013

⁶⁶ Source: <https://fuelcellworks.com/news/german-national-hydrogen-strategy-expected-to-pass-through-cabinet-june-10-2020/>

Op de verschillende transporttoepassingen werd in 4.2.1.3.1 dieper ingegaan; waterstof kan in principe dienen voor alle transporttoepassingen - van fietsen tot schepen. Maar hoewel er momenteel al waterstofvoertuigen met brandstofcellen beschikbaar zijn, zijn de hoeveelheden meestal op het niveau van demonstratie. Bepaalde aspecten van het gebruik van waterstof in de mobiliteit komen ook aan bod in het hoofdstuk Clean Connected & Automated Vehicles van het rapport van het strategisch forum⁶⁷.

Volgens dat rapport is de initiële kost de grote uitdaging voor grootschalige inzet van waterstof als schone brandstof voor transport. Dit heeft vooral te maken met de vereisten voor opslag en distributie (zie 4.2.1.2). Een belangrijke uitdaging situeert zich op het vlak van de waterstoftanks en meer bepaald voor wat betreft de kosten en de veiligheid. Hoewel er momenteel gewerkt wordt aan de ontwikkeling van goed uitgeruste opslagtanks aan boord, worden de bestaande oplossingen nog steeds niet in massa geproduceerd en zijn die dus duur. De Europese industrie zou met overheidssteun meer moeten investeren in de massaproductie van kosteneffectieve hogedruk-waterstofopslag voor mobiliteitstoepassingen.

Voor Vlaanderen zien we opportuniteiten/sterktes in de in Vlaanderen bestaande demoprojecten (4.3.2.6) en het feit dat onze regio over topspelers beschikt (zie 4.3.2.2.3) vnl. in het zware segment. Een overzicht van de bestellingen van Van Hool waterstofbussen (2014-2020) (Overzichtsnota EWI, bijlage 3) toont duidelijk de exportmogelijkheden van Vlaamse technologie naar het buitenland. Datzelfde overzicht toont ook een aandachtspunt: het gebrek aan een eigen markt. Wanneer die demonstraties ook effectief uitgerold en geïmplementeerd kunnen worden in eigen land versterkt dat de geloofwaardigheid van Vlaamse technologieën en know how in het buitenland. Vlaanderen mag dan bij uitstek een exportland zijn, de thuismarkt is essentieel voor de versterking van onze actoren.

Een voordeel is dat de brandstofcel in een voertuig op waterstof slechts een beperkte hoeveelheid materialen bevat en kan worden gerecycleerd. De totale hoeveelheid materiaal die nodig is voor een brandstofcel is slechts een fractie van het materiaal dat nodig is voor andere soorten elektrische energie. Dit verschil groeit met het maximale bereik van het voertuig. De materialen kunnen bij meerdere leveranciers wereldwijd worden ingekocht. Bovendien beschikt Vlaanderen over een wereldspeler op het vlak van recyclage van metalen.

Een andere uitdaging m.b.t. waterstof voor mobiliteit/transport is dat de volledige keten moet ontwikkeld worden, in tegenstelling tot bij elektrische auto's. Een vraag die zich hier stelt, is – wanneer we dit verder op grotere schaal uitbouwen - hoe we aan waterstof als 'brandstof' geraken, zolang er bijv. geen/beperkt pijpleidingen zijn (zie ook 4.3.4.2). Een fundamentele voorwaarde is ook de aanwezigheid van (tank)infrastructuur - met een voldoende capaciteit en dichtheid - vooral dan voor het zware vrachtvervoer. Dit vereist een aanzienlijke uitbreiding van het huidige netwerk van tankstations. Ook hier speelt het kip-ei aspect. Een brede verspreiding van de waterstoftechnologie in de vervoerssector kan immers een belangrijke drijfveer zijn voor de uitbreiding en decentralisatie van de waterstofproductie, bijvoorbeeld in hubs (luchthavens, havens, treinstations). Het zal zeker nodig zijn om in een vroeg stadium een uitgebreide distributie- en retail-infrastructuur op te bouwen, waarvan de uitrol in verschillende landen reeds is begonnen (Duitsland, Frankrijk, enz.). Ook hier hinkt Vlaanderen achterop.

⁶⁷ Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU-industry – report of the strategic forum for important projects of common European interest.

Een te hoge investeringskost vormt voor veel bedrijven ook een obstakel om over te schakelen op waterstof voor interne voertuigen. Veel bedrijven hebben te weinig rollend materieel om een dergelijke investering in een eigen waterstoftankstation te rechtvaardigen. Door samen te investeren in een gemeenschappelijk (mobiel) tankstation, of door een aanbod in een service model, is schaalvergroting mogelijk en kan men de kosten voor de deelnemende bedrijven delen en worden de kosten uiteindelijk verlaagd.

In de maritieme sector is een respectieve haveninfrastructuur voor de levering van waterstof aan schepen en multimodale vervoersoplossingen van essentieel belang.

Vloeibare elektrobrandstoffen zoals methanol kunnen een veelbelovende overbrugging zijn tussen de huidige technologie en de toekomstige aandrijflijnen, vooral in de maritieme sector. Veel elektrobrandstoffen zijn zogenaamde drop-in brandstoffen, wat betekent dat de bestaande tankinfrastructuur kan worden gebruikt en de brandstoffen zowel in traditionele verbrandingsmotoren als in brandstofcellen kunnen worden gebruikt en zo een kostenefficiënte overgang mogelijk maken.

4.3.4.4 Industrial use of hydrogen (for process heat, reducing agents or feedstock for the chemical industry) or for residential heating (e.g. hospitals or larger communities)

Zoals eerder uitgelegd kan waterstof ook worden gebruikt voor het vergroenen van de productie van warmte voor residentieel of industrieel gebruik en als grondstof in diverse industriële sectoren (4.2.1.3.2 tot 4.2.1.3.4). Ook hier dienen zich zowel technologische als praktische uitdagingen aan, zowel voor wat de 'warmte' voor industrieel als huishoudelijk gebruik aangaat, als voor het gebruik van waterstof als grondstof. Toekomstige O&O, FID en opschaling zijn hierin sleutelementen. De industriële dimensie is ook onderwerp van de IPCEI 'Low CO₂ emissions industry'.

Voor de energie-intensieve industrie staat tijdens de energietransitie voor grote uitdagingen. Waterstof kan een belangrijke rol spelen in het verder koolstofneutraal maken van de 'koolstofintensieve' industrie, zoals de chemie-, staal-, cement- of zelfs de non-ferrometaalindustrie. Veel van de processen waarbij aardgas of andere fossiele bronnen als grondstof worden gebruikt, kunnen worden omgevormd naar het gebruik van waterstof. Concrete voorbeelden zijn de productie van koolstofarm staal door de vervanging van cokes door waterstof, en het gebruik van hernieuwbare waterstof in raffinaderijen. Daarnaast worden nu vooral fossiele bronnen gebruikt om waterstof te produceren jaarlijks 325 TWh. De uitstoot van CO₂ zou aanzienlijk kunnen worden verminderd als de 'fossiele' waterstof wordt vervangen door hernieuwbare en koolstofarme waterstof, waardoor de industriële processen koolstofvrij worden gemaakt. Het is ook mogelijk om de grijze waterstof (afkomstig van aardgas) te 'ontkolen' door de CO₂ die tijdens het proces vrijkomt af te vangen op te slaan. Die blauwe waterstof, zou een tussenoplossing kunnen zijn in de overgang naar een schone waterstofeconomie en de ontwikkeling van een waterstofwaardeketen in Europa kunnen ondersteunen. Het zou verkeerd zijn om blauwe waterstof uit te sluiten als tussenoplossing in de overgang naar een schone waterstofeconomie. Een andere belangrijke bron van waterstof zijn de bedrijven die waterstof als bijproduct in hun proces hebben (bijvoorbeeld tijdens de chloorproductie of in een propyleensplitser).

Vlaanderen heeft een belangrijke chemiesector, petrochemische sector en met Arcelor Mittal één van de grootste staalproducenten ter wereld. Uit de White paper van Agoria (in voorbereiding) blijkt dat in

Vlaanderen jaarlijks ongeveer 207 kton waterstof wordt geproduceerd uit aardgas via SMR. De hoeveelheid 'schone' waterstof die nodig is om onze economie koolstofneutraal te maken is dus enorm: om al deze 'grijze' waterstof te vervangen door 'groene' waterstof zou 12600 GWh aan hernieuwbare energieproductie en de bijbehorende elektrolysecapaciteit nodig zijn. De energievraag van de industrie zal ook in de toekomst zodanig groot blijven dat binnenlandse productie van elektriciteit en/of groene waterstof nooit zal volstaan. Daarom is het belangrijk dat de noodzakelijke waterstofinfrastructuur wordt ontwikkeld om de grootschalige productie of de invoer en het vervoer van groene waterstof mogelijk te maken. Ook hier zijn de bestaande of opgezette grote projecten verbonden aan onze havens als een opportuniteit te zien.

Belangrijk is ook dat de koolstofarme waterstof en de nodige infrastructuur beschikbaar zijn tegen betaalbare, competitieve kosten. Op dit moment is waterstof echter in de meeste industrieën nog niet kostenconcurrerend ten opzichte van conventionele brandstoffen; het prijsniveau van 'groene' waterstof is nog te hoog. Een aanvaardbare veronderstelling voor 'break even' is dat de kosten voor het gebruiken van 'groene' waterstof gelijk worden aan die van gas + de prijs van de 'CO₂ certificaten'.

Het strategisch forum benadrukt hierbij dat *"Hydrogen production mainly from renewable sources is a long-term objective, but low-carbon hydrogen from fossil sources and hydrogen produced by low CO₂ energy could provide an opportunity for faster large-scale deployment of hydrogen infrastructure and end-use applications, then enabling gradual shift to renewable hydrogen over time."* Bijgevolg zal waterstof waarschijnlijk eerst worden gebruikt in segmenten met een hogere waarde (bijv. transport)(zie 4.2.1.3.5). Dit geldt ook voor Vlaanderen.

Bijmengen van waterstof in het aardgasnet voor huishoudelijk gebruik is sterk afhankelijk van het materiaal van het net en van de toepassingen, en werd reeds in 4.3.4.2 aangehaald. Nu kan een brander probleemloos werken met 40% bijgemengde waterstof. Voor een verder gaande omschakeling/bijmenging zijn wel aanpassingen nodig, zowel van het net, als van de branders. Deze omzetting moet geleidelijk gebeuren. Per sector zijn andere systemen nodig.

Ook hier speelt de prijs van waterstof een rol in de concurrentie met fossiel aangedreven systemen. Waterstof voor residentieel gebruik wordt slechts rendabel in een mogelijk scenario waarin fossiele grondstof schaars en/of duur is. Indien we willen vergroenen kan fundamenteel sturen via prijsdrijvers (bijv. taxering) een mogelijk alternatief zijn.

Belangrijk hier is ook decentralisatie van de productie en het gebruik van kleinschalige units. Dit vereist een aantal voorwaarden: bijv. voldoende dak voor (zonne)panelen, opslagmogelijkheden,... waardoor de toepassing op individueel niveau waarschijnlijk te duur zal zijn. Ook speelt hierin een aspect van veiligheid. Zo moet de opslagtank onder druk staan, dus misschien niet het best om in huis te hebben. Verwacht wordt dat waterstof op wijkniveau daarom technisch-economisch interessanter is dan waterstof op huishoudeel.

4.3.4.5 Storage of hydrogen and the conversion to other energy carriers (synthetic fuels)

Bij omgevingstemperatuur en –druk is waterstof een gas. Het kan echter opgeslagen (en getransporteerd) worden als een gas, vloeistof of gebonden in een vaste stof (zie 4.2.1.2). Elk van deze toestanden brengt specifieke uitdagingen met zich mee.

- Als gas kan waterstof opgeslagen worden onder (hoge) druk. Het moet hiervoor samengeperst worden met speciale compressoren, en opgeslagen worden in speciale tanks. Dit zijn stalen tanks (zwaar) voor stationaire toepassingen of composiet tanks (lichter) voor voertuigen. Ook moet rekening worden gehouden met verschillende soorten nodige druk. Opslag onder hogere druk van bijv. 700 bar is nodig voor kleine volumes (auto). Opslag op een druk van 350 bar wordt momenteel gebruikt voor grotere voertuigen (bussen, vrachtwagens).
- Waterstof in vloeibare vorm heeft een hogere energiedensiteit dan gas maar haalt nog steeds niet de dichtheid van de huidige brandstoffen en vereist een aantal belangrijke technische maatregelen. Waterstofgas wordt pas vloeibaar bij extreem lage temperatuur (-253°C). Dat koelen kost veel energie. Opslaan moet in supergeïsoleerde tanks bij een combinatie van lage temperatuur en druk. Deze vorm is (enkel) interessant voor transport over lange afstand en voor grote volumes waterstof (bijvoorbeeld voor bevoorrading van en opslag bij grootschalige tankstations of als brandstoftank in zeeschepen)⁶⁸.
- Daarnaast kan waterstof ook onder chemische vorm – gebonden in bepaalde vaste stoffen worden vastgehouden. Heel wat onderzoek wordt geïnvesteerd in de zoektocht naar materialen die grote hoeveelheden waterstof reversibel kunnen binden. Waterstofopslagmedia op basis van materialen kunnen worden onderverdeeld in drie klassen: (1) opslagsystemen voor hydrides; (2) opslagsystemen onder gemodificeerde chemische vorm (gebonden aan dragers, vaak C- of N-verbindingen) (bijv. ammoniak, mierenzuur, methanol); en (3) opslagsystemen waarbij waterstof door adsorptie aan een oppervlak hecht.

Opslagmethoden onder druk zijn gevestigde technologie. De alternatieve opslagmethoden zijn echter nog in ontwikkeling. Bovendien zijn de bereikte opslagdichtheden nog steeds niet voldoende, zijn de kosten en tijd die gemoeid zijn met het ‘laden en lossen’ van waterstof te hoog, en/of zijn de proceskosten vrij duur. Efficiënte en economisch rendabele oplossingen voor de opslag (en het transport) van waterstof vragen dus specifieke expertise. Verdere technologie-ontwikkeling en kwalificatie van nieuwe materialen om de opslag van waterstof onder hoge druk te blijven verbeteren, om bijv. compressoren te ontwikkelen om die hoge druk efficiënter te halen, is nodig.

Wat dit betreft, heeft Vlaanderen ook heel wat expertise in huis (zie ecosysteem).

4.3.4.6 Een bijkomende overkoepelende uitdaging

Zoals gesteld in ‘Het potentieel van waterstof in Vlaanderen – een routekaart’⁶⁹ is de mate waarin de potentiële ook daadwerkelijk worden bereikt, voor een groot deel afhankelijk van kostprijsontwikkelingen en van het (wereldwijde) toekomstige aanbod van groene waterstof.

⁶⁸ VIWTA-dossier 17: waterstof motor van de toekomst?

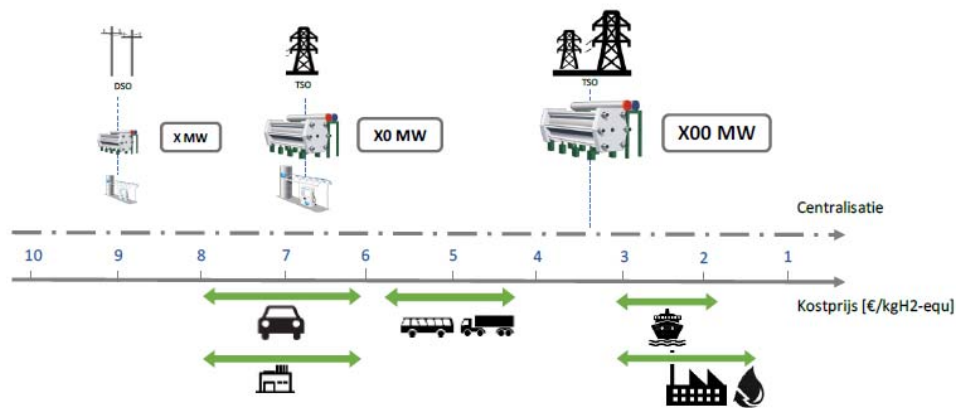
⁶⁹ Het potentieel voor groene waterstof in Vlaanderen – een routekaart – waterstofnet en Hincio in opdracht van het Vlaams Energie Agentschap (oktober 2018)

Cruciaal voor de toepassing van waterstof zijn enerzijds de investeringskosten van de waterstoftechnologie (elektrolyseurs, compressoren, opslagvaten en brandstofcellen) en anderzijds de kostprijs van de waterstof uit hernieuwbare bronnen. De investeringskosten voor waterstoftechnologie zijn dalende, maar zijn nog steeds aanzienlijk hoger dan conventionele oplossingen en de prijzen worden internationaal bepaald.

Zoals eerder al aangebracht worden de kosten voor groene waterstof daarnaast vooral bepaald door de elektriciteitskosten, waarbij ook nog onderscheid gemaakt moet worden tussen de productiekosten van elektriciteit en de geldende heffingen op elektriciteit (voor transport, distributie,...).

Onderstaande figuur 16 geeft indicatief aan dat in de verschillende toepassingsgebieden verschillende waterstof-kostprijzen gerealiseerd zullen moeten worden om competitief te kunnen zijn met de alternatieve technologieën.

Figuur 16: Prijs en verbruik



Bron: Het potentieel voor groene waterstof in Vlaanderen – een routekaart

De economische randvoorwaarden zijn specifiek voor elke sector, maar algemeen kan gesteld worden dat in de transportsector de groene waterstof de hoogste economische waarde heeft: bovendien zetten een aantal belangrijk industriële spelers in op deze ontwikkelingen, zodat de kostprijzen in deze sector naar verwachting zullen dalen.

Uit de figuur blijkt dat voor wegtransport een significant hogere prijs van waterstof meer aanvaardbaar is voor de eindgebruiker dan voor de grootschalige industrie of voor verwarming. Ook voor de scheepvaart is een lagere kostprijs noodzakelijk. Voor wegtransport is de prijs aan de pomp momenteel 10 euro per kg, maar om competitief te zijn met benzine/diesel moet eerder gestreefd worden naar prijzen van 6 – 8 euro per kg. Om competitief te zijn voor vrachtwagens en bussen moet de waterstofprijs verder dalen tot 4 – 6 euro per kg, en om concurrentieel te zijn voor industriële toepassingen bij bedrijven, dient

groene waterstof uit te komen op prijzen tussen 2 – 4 euro/kg. Ook de voertuigen moeten natuurlijk in aanschafwaarde competitief zijn, maar verwacht wordt dat zowel de functionaliteit van de voertuigen op waterstof als de prijs van de voertuigen vergelijkbaar zal zijn met de huidige voertuigen op fossiele brandstoffen.

5. AANBEVELINGEN

Nood aan meer proactief beleid en strategische keuzes

De voormelde zes strategische waardeketens werden door het Strategisch Forum for IPCEI geselecteerd uit een 70-tal voorstellen vanuit de lidstaten, waaronder ook die van Vlaanderen. Het ontbreekt Vlaanderen hierbij echter aan een strategisch kader met duidelijk afgelijnde regeringsbrede speerpunten. Nochtans zijn in Vlaanderen al heel wat verkenningsoefeningen gebeurd binnen meerdere beleidsdomeinen. Binnen EWI hebben de VARIO-voorgangers VRWB en VRWI dergelijke verkenningsoefeningen uitgevoerd. De uitkomst van dergelijke oefeningen wordt te weinig benut om strategische keuzes te maken. Andere landen en regio's doen dit vaak wel. Daardoor kan Vlaanderen enerzijds minder wegen op de agendasetting binnen Europa, en moet het vaak ad hoc beslissingen nemen. VARIO vindt het dan ook positief dat de minister deze strategische verkenningsoefening heeft gevraagd.

IPCEI is geen doel op zich maar een middel om deze strategische keuzes te versterken

IPCEI is geen doel op zich, maar een middel om deze strategische keuzes te versterken. IPCEI laat de lidstaten namelijk toe om een uitzondering te maken op de staatssteunregelgeving en bijzondere projecten, in casu binnen de zes geselecteerde strategische waardeketens, extra te steunen.

IPCEI gaat over veel Vlaamse overheidsmiddelen. Het is dan ook aangewezen dat het inzetten van de middelen voor IPCEI-projecten zo optimaal mogelijk gebeurt en maximale 'return on investment' genereert. Dit betekent in de eerste plaats een grondig onderbouwde en zo strategisch mogelijke keuze van de strategische waardeketens waarop Vlaanderen wil inzetten, maar ook van de mogelijke IPCEI-projecten binnen elke strategische waardeketen. In de tweede plaats moet er ook voor worden gezorgd dat de middelen die vanuit EWI voor de IPCEI's worden ingezet, zo optimaal mogelijk geflankeerd worden.

Voor de IPCEI waterstof wordt dit verder uitgewerkt.

VARIO staat achter keuze voor de waterstof-IPCEI

De keuze voor waterstof als IPCEI is reeds gemaakt en VARIO onderschrijft deze volledig. Zoals uit de analyse blijkt, heeft Vlaanderen een uniek en divers ecosysteem en heeft onze regio heel wat in huis om een sterke waterstofeconomie uit te bouwen en zelfs toonaangevend in Europa te worden.

Vlaamse actoren bevinden zich in verschillende segmenten/schakels van de waardeketen. Een duidelijke sterkte ligt in de technologische ontwikkeling voor waterstofoplossingen (bijv. componenten voor

elektrolyzers, brandstofcellen, compressoren,...). Deze actoren moeten zich optimaal kunnen positioneren in de Europese waardeketen van waterstoftechnologie en -systemen om zo een groter aandeel te verwerven in die enorme groeiemarkt van waterstoftechnologie en waterstoftoepassingen. Ook de mogelijke spill-overs zijn aanzienlijk. Om die activiteiten niet alleen te behouden maar ook te laten groeien, is het belangrijk om de mogelijkheden binnen de waterstof-IPCEI ten volle te benutten. De IPCEI creëert een duidelijke kans om het netwerk te versterken, toegevoegde waarde te creëren en aanvullende investeringen aan te trekken die kunnen leiden tot aanvullende banen. Kortom de IPCEI kan helpen om de Vlaamse ambitie om koploper te worden op het vlak van waterstoftechnologie waar te maken.

Hoewel IPCEI enkel voor bedrijven van toepassing is (afwijking van staatssteun) mag het belang van O&O&I aan de kennisinstellingen niet onderschat worden. De inbreng van universiteiten en onderzoekscentra qua onderzoek over en rond waterstof biedt perspectieven op langere termijn voor het aanreiken van oplossingen voor de aangehaalde technologische uitdagingen in de vijf waterstof-IPCEI-pistes. Ook hier heeft Vlaanderen expertise - vanuit heel diverse hoek - en zelfs een wereldprimeur.

Belangrijk daarnaast is dat de waterstof-IPCEI ook duidelijke kansen creëert vanuit het oogpunt van de gebruiker (end users). Zo kan waterstoftechnologie sterk bijdragen aan de uitdaging om een CO₂-neutrale regio te worden. De uitdagingen waar Vlaanderen voor staat om de klimaatdoelstellingen te bereiken, zijn enorm, gezien de hoge concentratie aan koolstofintensieve industrie met de chemie-, staal-, cement- en zelfs non-ferrometaalindustrie in onze regio. Waterstoftechnologie draagt niet alleen bij aan het bereiken van deze doelstellingen, maar laat ook toe dat onze industrie een concurrentievoordeel krijgt binnen deze transitie, die in de voorhoede ligt van de aanpassing en implementatie van de technologie. Dit is essentieel om ervoor te zorgen dat onze industrie op de lange termijn in onze regio blijft investeren.

Deze ontwikkelingen creëren verder ook kansen voor de verschuiving naar een koolstofneutraal vervoer in Vlaanderen, maar tegelijk ook voor de positionering van de bedrijven in deze sector als koplopers op de Europese en wereldwijde markt in de toepassing van schone energie in mobiliteitstoepassingen. Vlaanderen als logistieke draaischijf binnen Europa, moet daarin mee.

Daarenboven heeft Vlaanderen/België enkele unieke kenmerken die onze regio optimaal geschikt maakt om een belangrijke rol te spelen in de zich ontwikkelende Europese en wereldwijde waterstofmarkt: een dicht en goed uitgebouwd gasnet, internationale elektrische en gasverbindingen (incl. overzeese verbindingen), en niet in het minst onze havens waar al heel wat rond waterstof gebeurt. Ook de vele demonstratieprojecten hebben hun meerwaarde.

De mogelijke meerwaarde voor onze economie is dus meervoudig:

- Creëren van waterstoftechnologie die kan worden geëxporteerd en een verdere toegevoegde waarde voor onze economie betekenen. Belangrijk hierin is het ontwikkelen van Vlaamse markt als uitstalraam voor Europa.
- Zorgen voor concurrerende waterstoftechnologie in transport (korte termijn), woningen en gebouwen (middellange termijn) en koolstofintensieve industrieën en intensieve landbouw (lange termijn).

- Creëren en upgraden van een unieke infrastructuur voor het transport en de import van groene waterstof die een belangrijke 'spin' wordt in het toekomstige waterstofnetwerk met Nederland, Frankrijk en Duitsland;

Een laatste argument pro waterstof-IPCEI is de duidelijke synergie en complementariteit met diverse andere IPCEI's, waardoor er onderlinge versterking kan optreden: de reeds lopende batterijen-IPCEI, de IPCEI rond 'Clean, connected and autonomous vehicles' en de IPCEI 'Low CO₂ emissions industry'.

Nood aan afwegingskader voor schakels binnen de (waterstof)waardeketen

Zoals eerder gesteld moeten ook binnen elke strategische waardeketen voor de IPCEI-projecten goed onderbouwde keuzes worden gemaakt en moet de aanwezige expertise maximaal wordt ingezet. Een wel doordacht afwegingskader dringt zich op.

Elementen die deel zouden moeten uitmaken van dit afwegingskader voor waterstof zijn onder meer:

- Draagt het project bij aan het behoud van, of de versterking van, de competitiviteit van de onderneming (of groep van ondernemingen) in Vlaanderen?
- Draagt het project bij aan de versterking en de opbouw van een Vlaamse waterstofwaardeketen, het versterken van Vlaams technologisch leiderschap in waterstoftechnologie en bijgevolg de verwerving van een groter marktaandeel in deze sterk internationaal groeiende markt?
- Draagt het project bij aan de Vlaamse 'verdiencapaciteit'?
- Draagt het project bij aan relevante Vlaamse beleidsdoelstellingen (zoals in casu het klimaatbeleidsplan etc.)?
- Wat is de maatschappelijke bijdrage?
- Versterkt het de geopolitieke positie?

Dit betekent dus een verruiming van de gebruikelijke VLAIO-criteria.

Geef de troeven in Vlaanderen de waardering die ze verdienen

De ons omliggende regio's hebben 'overkoepelende organisaties' om waterstofbelangen te behartigen (vaak 50% overheid/50% bedrijven). Ook Vlaanderen beschikt op dat vlak over een troef: Waterstofnet en de Waterstof Industrie Cluster. Hoewel ze hun nut al meer dan bewezen hebben, is dit echter een troef die we nog te weinig uitspelen en die een volwaardige plaats verdient.

De analyse door VARIO toont aan dat er heel wat bottom-up initiatieven zijn, die op veel aspecten van de keten inspelen en elk op zich zeer waardevol zijn. Zo zijn er vanuit Waterstofnet, de (speerpunt)clusters, de havens en via VLAIO en PMV al heel wat lovenswaardige projecten/demo's/... opgezet/gefinancierd, waarvan VARIO vindt dat die maximaal vrucht zouden moeten kunnen dragen.

De raad kan zich echter niet van de indruk ontdoen dat deze projecten momenteel nogal op zichzelf staan. Ideaal echter versterken deze Vlaamse initiatieven/resultaten rond waterstof elkaar, opdat de som meer wordt dan 1+1. Een mooi initiatief in dat opzicht lijkt ons de 'Green Octopus' die een aantal van deze initiatieven bundelt en ook suppliers & customers verbindt.

Ook het Moonshot initiatief van de Vlaamse Regering is een lovenswaardig initiatief om vanuit de onderzoekswereld een blijvende stroom van innovatieve concepten voor de waterstofeconomie aan te leveren. Om succesvol te zijn, zouden ook de projecten in het Moonshot-programma, die vooral onderzoek op een lager TRL-niveau inhouden, moeten kunnen leiden tot een industriële toepassing van een deel van de in Vlaanderen ontwikkelde technologie, waardoor een dubbele toegevoegde waarde voor onze regio wordt gecreëerd.

Nood aan strategische visie voor waterstof in Vlaanderen

De conclusie uit de analyse is dat Vlaanderen zeer veel in huis heeft om koploper te worden in waterstof, zoals gesteld in het Regeerakkoord. Koploper worden in waterstof houdt echter veel meer in dan enkel het O&O&I-onderdeel ervan en daarbinnen de IPCEI.

Vlaanderen moet zijn koploperschap op het vlak van waterstoftechnologie versterkt zien in de implementatie van waterstoftechnologie en -toepassingen voor de realisatie van de eigen Vlaamse energietransitie. Het vereist de ontwikkeling van een hele waterstofeconomie gaande van de productie uit verschillende energiebronnen, de distributie en opslag, tot het finale gebruik ervan. Ook het creëren van/articuleren de vraag of een markt (end users) is hierbij noodzakelijk. De burger betrekken bij deze energie-omwenteling is essentieel voor een succesverhaal.

Het uitbouwen van een waterstofeconomie is niet evident. Uiteraard speelt O&O&I hierin een rol, maar de keuze voor waterstof als IPCEI - zonder meer - volstaat helemaal niet. Zo vereist een toekomstige waterstofeconomie grootschalige toepassing om succesvol te zijn. Een grootschalige introductie realiseren van waterstof als energiedrager binnen het energiesysteem vergt echter een heel specifieke dynamiek; er is weinig kans dat dit spontaan tot een goed resultaat zal komen. Het vereist bijvoorbeeld de coördinatie tussen diverse spelers zoals overheden, industrie, investeerders. Zo is ook het aligneren van, en sterke coördinatie binnen, het beleid cruciaal. Verder zijn grote investeringen voor infrastructuur nodig en moeten investeerders met industriële stakeholders gelinkt worden. Ook het optimaal inzetten van de middelen en assets vereist een gedegen plan.

Dit vraagt één gestroomlijnd Vlaams beleid en op zijn minst de alignering van het energiebeleid op het onderzoeks- en innovatiebeleid. De door het beleidsdomein EWI-ingezette middelen moeten maximaal geflankeerd worden door (niet noodzakelijk financiële) ondersteuning vanuit de andere betrokken beleidsdomeinen; het kan gaan om goede regelgeving, standaardisatie, incentives (taxvoordelen, subsidies). Deze aanbeveling geldt trouwens niet enkel voor de waterstofwaardeketen maar voor alle strategische waardeketens waarbij IPCEI kan worden ingezet. Zo niet zullen de financiële inspanningen met betrekking tot de IPCEI voor Vlaanderen niet de gewenste meerwaarde creëren.

Het belang van een nationale/regionale strategie met nationale/regionale doelstellingen, conform een overkoepelende visie is overduidelijk. En net hier ontbreekt het ons aan in Vlaanderen. Er is geen Vlaamse regeringsbreed gedragen visie/strategisch plan/roadmap voor waterstof ter ondersteuning van de koploperambitie. Dit in tegenstelling tot veel van onze buurlanden. Nederland (dat inzake waterstoftechnologie niet over dezelfde hoge mate aan expertise beschikt als Vlaanderen) en Duitsland

hebben recent een eigen strategie met zéér concrete doelstellingen, zoals bijvoorbeeld het bannen van aardgas tegen 2025 in Nederland, voorgesteld. Hierdoor bestaat het risico dat we kansen laten schieten en zelfs onze troeven uit handen geven.

De ambitie uit het regeerakkoord moet daarom dringend worden vertaald in concrete doelstellingen voor waterstof in Vlaanderen. Een goed plan gaat uit van systeemdenken, waarbij ook de via IPCEI gesteunde projecten bij voorkeur zijn ingebed in een groter geheel en een globale visie. Enkel zo wordt een maximaal effect gegenereerd en doet men niet enkel aan de ondersteuning van een of meerdere op zich staande bedrijven.

Systeemdenken geldt ook op het niveau van de beleidsdomeinen, waarin de verschillende bevoegde ministers en beleidsdomeinen geconcentreerd samenwerken aan het gestelde doel. Op 3 april 2020 stelde de Vlaamse Regering energie en klimaat vast als een transversaal thema, en het Vlaams Energie- en Klimaatplan 2021-2030 en de Vlaamse Klimaatstrategie 2050 als transversale beleidsplannen. Voor elk beleidsplan wordt een beperkt aantal transversale doelstellingen voorzien en de minister van Justitie en Handhaving, Omgeving, Energie en Toerisme wordt aangewezen als coördinerend minister. Hierdoor kunnen de rapportering over en dus opvolging van de uitvoering van de doelstellingen en de bijhorende beleidsmaatregelen op een gecoördineerde manier gebeuren via de toelichtingen bij de beleids- en begrotingsuitvoering en dat afgestemd op de Europese rapporteringsverplichtingen.

Een stap in de goede richting, vindt VARIO. Maar dit volstaat bijlange niet. Zo blijft het beleid een 'lappendeken' vormen waar alle initiatieven naast elkaar (en eventueel zelfs tegen elkaar) kunnen werken. We herhalen hier onze eerdere opmerking dat dit een visie vereist die gedragen wordt door alle ministers over de beleidsdomeinen heen en waaraan geconcentreerd wordt samengewerkt. VARIO verwijst hiervoor naar zijn campagne '9 ministers'. Nederland en Duitsland pakken dit alvast heel anders aan.

Voor het uittekenen van een strategische visie moet Vlaanderen niet van nul beginnen. Er is al heel wat voorbereidend studiewerk gebeurd. Met voorliggend advies en analyse wil VARIO graag zijn steentje bijdragen.

Infrastructuur uitbouwen

Opdat de investeringen in de IPCEI ten volle zouden renderen, moeten de investeringen in het ontwikkelen van de waterstoftechnologie (beleidsdomein EWI) hand in hand gaan met investeringen in waterstofinfrastructuur. Het uitbouwen/ontwikkelen van de nodige infrastructuur vereist zware financiële inspanningen.

Daarom is het aangewezen waar mogelijk optimaal gebruik te maken van de bestaande infrastructuur, zoals de pijpleidingen voor gas. Het is ook belangrijk hierbij te kijken naar de 'lessons learnt' bij de aanleg van het Belgische gastransportnet en het elektriciteitstransportnet.

Het niet investeren in waterstofinfrastructuur en interconnectie-capaciteit brengt niet alleen de ontwikkeling van de waterstoftechnologie in Vlaanderen op korte termijn in gevaar, maar kan ook de

toekomstige concurrentiekracht van een belangrijk deel van onze industrie op lange termijn in gevaar brengen.

Belang van gunstig wet- en regelgevend kader

Een gunstig wet- en regelgevend kader, en het identificeren en wegwerken van wetgevende hinderpalen daaromtrent, zijn eveneens cruciaal om de grootschalige marktuitrol van waterstoftechnologietoepassingen mogelijk te maken. Wet- en regelgevende aspecten bepalen immers in belangrijke mate de business cases voor toekomstige investeerders. Dit wettelijk kader wordt grotendeels op het Europese niveau vormgegeven, maar vereist de omzetting naar Belgisch en Vlaams beleid.

Aangezien de wet- en regelgevende aspecten opgevolgd worden door het beleidsdomein Energie is een goede afstemming EWI-Energie uiterst belangrijk.

Afstemming is niet enkel nodig op het Vlaamse niveau maar ook met het federale, gezien de bevoegdheden m.b.t. energie en klimaat zowel op regionaal als nationaal vlak liggen. De complexe bevoegdheidsverdeling is een pijnpunt.

Het zetten van standaarden gekoppeld aan realistische en duidelijke procedures om de overeenstemming van technologieën, producten met bepaalde standaarden te verifiëren is eveneens van groot belang. Ook de kaders voor standaardisatie worden grotendeels Europees en internationaal bepaald.

Financiering bundelen

Een belangrijke vraag is hoe we best de complexe financieringspuzzel kunnen leggen en wat de optimale combinatie is van financieringsinstrumenten (subsidies, investeringen), niet alleen vanuit het beleidsdomein EWI en het engagement van de ondernemingen zelf, maar ook middelen vanuit andere beleidsdomeinen of andere beleidsniveaus (federaal, Europees). In zijn advies 8 'Wetenschap en innovatie als prioriteit aanhouden' heeft VARIO al gewezen op de nood aan innovatiebudgetten voor de ondersteuning van regeringsbrede langetermijndoelen gefinancierd vanuit verschillende departementen.

Om de toegevoegde waarde in de waterstofeconomie in Vlaanderen/België te behouden en verder aan te trekken, raden we aan om alle potentiële financieringsmogelijkheden te benutten om de nodige middelen te voorzien voor ambitieuze waterstofprojecten. Dit betekent:

- Maak optimaal gebruik van regionale financiering voor zowel de R&D- als de FID-component (type 1 en 2 IPCEI-projecten);
- Zoek daarnaast ook naar optimaal gebruik van regionale financiering voor type 3 IPCEI-projecten (Projecten voor milieu, energie en transport; hoeft niet gekoppeld aan O&O), zoals bijv. de STRES-financiering (strategische ecologiesteun).
- Zoek ook naar gecombineerde regionale en federale financiering voor infrastructuurbehoeften, die in dit IPCEI mogelijk moet worden gemaakt, omdat zonder de benodigde infrastructuur voor het

transport van waterstof (pijpleidingen) projecten niet kunnen worden gerealiseerd. Een mogelijke manier is om te kijken naar de federale energiefondsen.

- Maak ten volle gebruik van de potentiële Europese financiering in het kader van het Europees herstelplan. In het herstelplan worden enkele openingen gemaakt, die weliswaar nog moeten worden bevestigd, voor aanvullende EU-financiering van het IPCEI-instrument.
- Leg de nodige flexibiliteit aan de dag in de financiering, door middel van subsidies of terugbetaalbare voorschotten, leningen, waarborg of kapitaal, in nauwe samenwerking met de bedrijven die projecten in het IPCEI hebben ingediend. Hier moet een projectspecifieke aanpak op maat worden ontwikkeld.

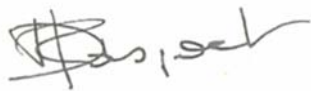
IPCEI in zijn volle sterkte durven gebruiken

Om de bedrijven in de waterstofwaardeketen te verankeren, competitief te houden en te laten groeien naar uitmuntendheid op een Europese markt, moeten de in aanmerking komende projecten binnen de IPCEI adequate financiering krijgen. Te meer daar de onzekerheden en de hoge kost gelinkt aan de ambitieuze waterstofprojecten die Vlaanderen/België in de frontlinie van de technologie, de toepassing en de productontwikkeling zouden kunnen plaatsen, aanzienlijk zijn.


Voor kleinere landen met beperkte financieringsmiddelen kan dit een potentieel knelpunt vormen. Bedrijven kunnen ervoor kiezen om niet (meer) in Vlaanderen te investeren gezien de beperkte beschikbare middelen in vergelijking met andere landen., wat zou kunnen leiden tot een 'competentie'-drain naar andere Europese landen en een verlies van onze unieke situatie van een breed industrieel weefsel over de hele waardeketen van waterstof.

Het komt erop aan het IPCEI-instrument, dat voorziet in een vrijstelling van staatssteunregels, ten volle te benutten. Niet alleen door dit in te bedden in een groter geheel via een systeembenadering, maar ook door na te denken over de steunverlening zelf. Dit zou in bepaalde gevallen kunnen betekenen dat ook van de huidige subsidieregels uit bijv. de O&O-besluiten en de STRES-regelgeving moet kunnen worden afgeweken om het volledige voordeel van het IPCEI-instrument (d.w.z. 100% vrijstelling van de staatssteunregels) te kunnen gebruiken ten voordele van de Vlaamse economie.

Gezien het feit dat naast de voordelen van het creëren van toegevoegde waarde in de waterstofwaardeketen, de toepassing van waterstof ook een belangrijk potentieel heeft voor de overgang naar een koolstofneutrale samenleving, is dit zeker gerechtvaardigd.



Danielle Raspoet
directeur



Lieven Danneels
voorzitter

BIJLAGEN

- 1) Bibliografie
- 2) Overzicht interviews
- 3) Overzichtsnota waterstof in Vlaanderen, EWI, januari 2020
- 4) Overzicht expertise in Vlaanderen Waterstof Industrie cluster
- 5) Uittreksel expertise FRIS

1. BIBLIOGRAFIE

- Actieplan clean power for transport (2015) en jaarrapport 2019
- Analytical report on the Strategic Value Chain (SVC) on Hydrogen technologies and systems, (juni 2019)
- BACAS, Royal Belgian Academy Council of Applied Science, (KVAB) 'Hydrogen as an energy carrier' (April 2006)
- BRIEF VAN DE MINISTER VAN ECONOMISCHE ZAKEN EN KLIMAAT Aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal in Nederland, inzake Structurele duurzame economische groei (mei 2020)
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK 'A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy' (COM/2018/773 final) (2018)
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS 'The European Green Deal', (COM(2019) 640 final) (2019)
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS 'A New Industrial Strategy for Europe' (2020)
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Europe's moment: Repair and Prepare for the Next Generation Brussels, 27.5.2020 COM(2020) 456 final
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS 'A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe' Brussels, 8.7.2020 COM(2020) 301 final
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS 'Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration', COM(2020) 299 final (2020)
- Die Nationale Wasserstoffstrategie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (juni 2020)
- Europese Commissie strategic value chains factsheets
- Fuel Cells and Hydrogen for Green Energy in European Cities and Regions, Roland Berger - A Study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (September 2018)
- Het potentieel voor groene waterstof in Vlaanderen – een routekaart, Waterstofnet en Hincio in opdracht van het Vlaams Energie Agentschap (oktober 2018)
- How Hydrogen Empowers the Energy Transition, Hydrogen Council (januari 2017)
- Hydrogen Europe Roadmap – a sustainable pathway for the European Energy Transition, report prepared by Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (januari 2019)

- Hydrogen, a renewable energy perspective, Report prepared for the 2nd Hydrogen Energy Ministerial Meeting in Tokyo, Japan (SEPTEMBER 2019)
- Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry, technology study, Dechema (juni 2017)
- Martens Johan e.a 'KVAB-standpunten 39 'De chemische weg naar een koolstofneutrale wereld' (2015)
- Meire Dirk 'Onderzoek naar effecten en prioriteiten bij productie en gebruik van groene waterstof, iov Vlaams Energie Agentschap (oktober 2019)
- Notteboom Theo (University of Antwerp), Larissa van der Lugt (Erasmus UPT), Niels van Saase (Erasmus UPT), Steve Sel (VIL) and Kris Neyens (VIL) Green Supply chains- implications and challenges for Rhine-scheldt delta seaports, report prepared for ING (juli 2019)
- Outlines of a hydrogen roadmap, Jörg Gigler, Marcel Weeda, TKI nieuw gas ((Nederland) (2018)
- Overzichtsnota Waterstof EWI (januari 2020)
- Path to hydrogen competitiveness, A cost perspective, Hydrogen council (20 January 2020)
- Strategic research and innovation agenda, Hydrogen Europe
- Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU-industry – report of the strategic forum for important projects of common European interest (2019)
- Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells, International Energy Agency (2015)
- The Future of Hydrogen Seizing today's opportunities Technology report International energy agency (June 2019)
- VIWTA-dossier 17: Waterstof motor van de toekomst?' (2008)
- (Voorstel van) resolutie van Matthias Diependaele, Robrecht Bothuyne, Willem-Frederik Schiltz, Andries Gryffroy, Tinne Rombouts en Lieve Maes betreffende de uitbouw van Vlaanderen als excellente waterstofregio (2019)
- White paper Agoria- in voorbereiding (2020)

2. OVERZICHT INTERVIEWS/INPUT

Bollen Lut, departement Economie, Wetenschap en Innovatie
Sileghem Maarten, VLAIO
Van Den Borre Filip, departement Omgeving

Martens Adwin en Vlieghe Jan, Waterstofnet
Martens Pierre, Timmermans Jean Marc, Van den Bossche Patrick en Van Vlierberghe Anje, Wayenberg
Alain, Demeley Jolyce, Agoria

De Boeck Jo, Imec
Martens Johan, KU Leuven
Simkens Peter, von Karman Instituut
Verhoeven Guido, SIM

Loeckx Frederik, Flux50
Neyens Kris, VIL
Overmeire Ann, de Blauwe cluster
Schaerlaekens Tine, Essenscia en Catalisti
Torfs Dirk en Filip De Coninck, Pinte Gregory, Flanders Make

Demey Dries, QinetiQ Space
Lox Egbert, Van de Vel An, Stassin Fabrice, Umicore

Heemskerk Paul, Head Of Unit European Industrial Policy - Ministerie van Economische Zaken Nederland

3. OVERZICHTSNOTA WATERSTOF IN VLAANDEREN, EWI

Overzichtsnota Waterstof in Vlaanderen

31 januari 2020

De rol die waterstof als energiedrager kan opnemen in een schone energietransitie en ambitieus klimaatbeleid wordt Europees en internationaal erkend. In de Europese communicaties “a Clean planet for all” en “the European Green Deal” heeft waterstof een prominente plaats. Op het internationale niveau zijn het organisaties zoals het Internationale Energieagentschap (IEA), de International Hydrogen Council (gelanceerd WEF 2017, thans meer dan 80 leden), het International Renewable Energy Agency (IRENA) die de veelbelovende rol van waterstof in de wereldwijde energietransitie onderstrepen.

Daarnaast wil Europa met de European Green Deal de energie- en klimaattransitie ook aanwenden als een economische opportuniteit. De Green Deal is de nieuwe Europese groeistrategie. De sector van waterstof en waterstoftechnologieën wordt beschouwd als een veelbelovende technologische sector met groeipotentieel waar Europa wereldwijd technologisch leiderschap kan opnemen. Europa wil daarom investeren in de ontwikkeling van een Europese waardeketen “Hydrogen technologies and Systems” via de lancering van een IPCEI (Important Project of Common European Interest).

Ook voor Vlaanderen kan waterstof een belangrijke rol opnemen in onze energie- en klimaattransitie en tegelijkertijd nieuwe economische kansen creëren in de wereldwijde groeiemarkt van waterstoftechnologie en waterstoftoepassingen. Het Vlaamse regeerakkoord 2019-2024 en de Beleidsnota Economie, Wetenschapsbeleid en Innovatie 2019-2024 onderstrepen dit alvast.

Met deze overzichtsnota Waterstof willen we, gezien het momentum voor waterstof op het internationale en Europese niveau, een eerste inzicht geven in het huidige Vlaamse landschap van stakeholders in het domein van waterstof en brandstofcellen en de daaraan gekoppelde opportuniteiten.

Hoofdstuk 1 belicht in het kort de aandacht die er voor waterstof is op het internationale en Europese niveau, inclusief onze buurlanden. Vervolgens focussen we op Vlaanderen, het huidige Vlaamse landschap van stakeholders en geven een beknopt overzicht (niet exhaustief) van activiteiten, projecten, studies.... in het domein van waterstof met cofinanciering vanuit Vlaanderen, België, Europa (**hoofdstuk 2**).

Voorts sommen we enkele potentieel toekomstige projecten op, waarvan we op de hoogte zijn en/of die gecommuniceerd werden in de pers en waarvoor vroeg of laat vragen omtrent cofinanciering zullen gesteld worden (**hoofdstuk 3**). In **hoofdstuk 4** geven we economisch relevante informatie over enkele bedrijven, met name **werkgelegenheid, exportmogelijkheden Vlaamse technologie**.

Tot slot besluiten we met **een aantal aandachtspunten ter overweging voor het beleid indien Vlaanderen mee koploper wil worden op het vlak van waterstof (hoofdstuk 5)**. De rol die WaterstofNet kan opnemen in het innovatielandschap en de noodzaak aan een afwegingskader voor de cofinanciering van waterstofprojecten.

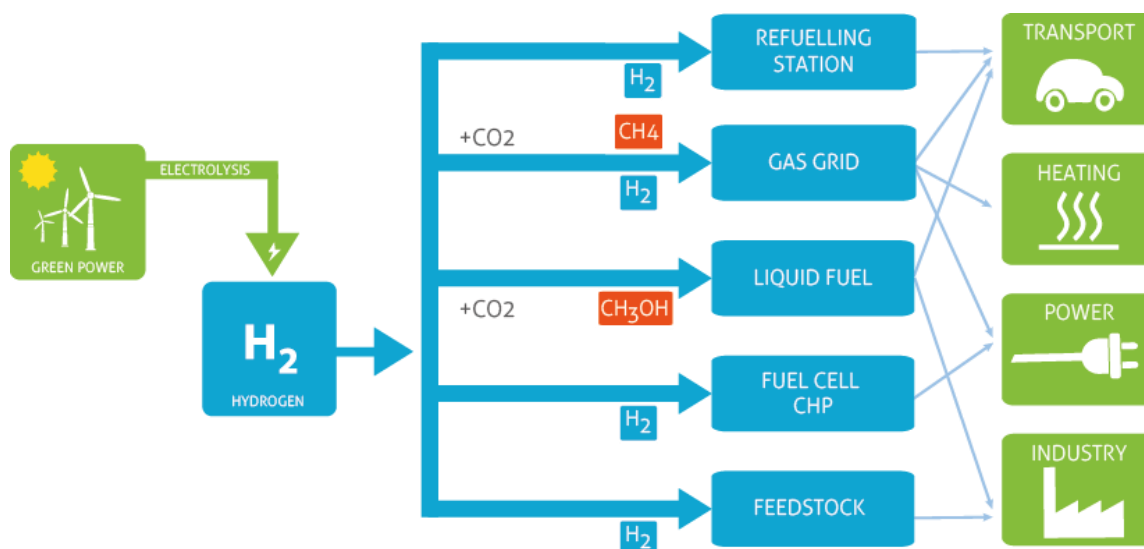
1. Achtergrond

Internationaal en Europees beleeft waterstof momenteel een enorm momentum, zowel op politiek vlak als in de bedrijfswereld. De cruciale rol die waterstof kan opnemen in onze toekomstige energietransitie noodzakelijk voor de realisatie van een klimaatbestendige samenleving wordt algemeen erkend.

Waterstof is een veelzijdige energiedrager die kan ingezet worden voor de vergroening van de mobiliteits- en transportsector, vergroening van de gasector (verwarming van gebouwen), als belangrijk opslagmedium (seizoensopslag) voor hernieuwbare energie (dus belangrijke rol in netbalancing van ons elektriciteitsnetwerk) en tot slot voor de vergroening van industriële producten en processen (waterstof is het alternatief voor sectoren die moeilijk te decarboniseren zijn zoals de staalsector).

Onderstaande grafiek geeft de veelzijdigheid van waterstof weer via verschillende valorisatiepaden.

Figuur 1 : Valorisatiepaden waterstof



1.1 Internationaal

Het internationaal energieagentschap (IEA) publiceerde tijdens het G20 voorzitterschap van Japan in juni 2019 het rapport “**The Future of Hydrogen**” met als belangrijkste boodschap “The time is right to tap into hydrogen’s potential to play a key role in a clean, secure and affordable energy future.”

Het rapport vermeldt de **belangrijkste uitdagingen** die er nog zijn voor een grootschalig gebruik van schone of groene waterstof :

- Producing hydrogen from low-carbon energy is costly at the moment (mass manufacturing of opschaling van FCs, refueling equipment en electrolyzers nodig)
- The development of hydrogen infrastructure is slow and holding back widespread adoption (coördinatie overheden, industrie, investeerders nodig).
- Hydrogen is almost entirely supplied from natural gas and coal today (voor groene waterstof CCS en veel hernieuwbare elektriciteit nodig)
- Regulations currently limit the development of a clean hydrogen industry (samenwerking overheden, industrie nodig om barriers in regelgeving weg te werken die investeringen in de weg staan, het belang van internationale standaarden voor veiligheid, transport en opslag van waterstof en voor assessment milieu impact)

Vier belangrijke opportuniteiten worden geïdentificeerd om de grootschalige inzet van waterstof een boost te geven :

- Make industrial ports the nerve centres for scaling up the use of clean hydrogen.
- Build on existing infrastructure, such as millions of kilometres of natural gas pipelines.
- Expand hydrogen in transport through fleets, freight and corridors.
- Launch the hydrogen trade’s first international shipping routes.

De vier opportuniteiten versterken elkaar en internationale samenwerking is cruciaal.

En tot slot **zeven aanbevelingen** voor opschaling van waterstof

- Establish a role for hydrogen in long-term energy strategies
- Stimulate commercial demand for clean hydrogen.
- Address investment risks of first-movers.
- Support R&D to bring down costs.
- Eliminate unnecessary regulatory barriers and harmonise standards.
- Engage internationally and track progress.
- Focus on four key opportunities to further increase momentum over the next decade.

De Hydrogen Council, een associatie van internationale energie-, transport- en industriële bedrijven gelanceerd tijdens het World Economic Forum in 2017, publiceerde op 20 januari 2020 het rapport “**Path to hydrogen competitiveness : A cost perspective**”. De Hydrogen Council telt thans meer dan 80 leden. De belangrijkste bevinding in dit rapport is dat opschaling de eerste en grootste driver is voor kostenreductie in het domein van productie en distributie van waterstof en voor de manufacturing van systeemcomponenten. Additioneel is er ook de impact van technologische doorbraken. Door opschaling in deze domeinen kan er een kostenreductie tot 50% gerealiseerd worden tegen 2030 in een breed domein van toepassingen.

Die opschaling vraagt grote investeringen, alignering van beleid en het creëren van de vraag of een markt.

Meer details :

Opschaling van waterstofproductie- en distributiesystemen zal leiden tot een ontsluiting van vele competitieve waterstoftoepassingen tegen 2030 (competitief tov andere low carbon toepassingen, en in sommige segmenten tov conventionele brandstoffen), veel vroeger dan verwacht zoals

- Commerciële voertuigen, treinen, lange afstandstransport
- Hydrogen boilers
- Hydrogen in industrial heating
- Balanceren van het elektriciteitsnetwerk
- Groene waterstof als industriële feedstock (competitief tov grijze waterstof)

Voor die opschaling zijn investeringen nodig, geschat op USD 70 billion. Investeringen in volgende domeinen :

- Productie van waterstof via electrolyse of productie van waterstof uit aardgas via SMR en met CCS
- Transport (refuelling en distribution networks, waterstoftanks)
- Voor verwarming van gebouwen en industrie

In dit kader wordt opgemerkt dat “While these figures are sizable, they pale in comparison to global spending on energy. Together they account for less than 5 per cent of annual global energy spend and are on par with the support provided to renewables in Germany of nearly USD 30 billion in 2019.”

Het aligneren van beleid is cruciaal om een level playing field te creëren voor deze opschaling. Het belang van nationale strategieën met nationale doelstellingen (bv via hydrogen roadmaps), sterke coördinatie van beleid (linken van investeerders met industriële stakeholders), het belang van regelgeving (wettelijke hinderpalen), standaardisatie, infrastructuur en incentieven (taxvoordelen, subsidies).

1.2 Europa

1.2.1 De Europese Green Deal

Op 11 december 2019 presenteerde de Europese Commissie de European Green Deal met als overkoepelende doelstelling Europa als eerste klimaatneutraal continent tegen 2050.

De European Green Deal is de nieuwe groeistrategie voor Europa met een routekaart op weg naar een duurzame Europese economie waarbij de klimaat- en milieuproblemen gezien worden als kansen op alle beleidsterreinen en tegelijk gezorgd wordt voor een eerlijke en inclusieve transitie voor iedereen. De **routekaart** omvat maatregelen om grondstoffen efficiënter te gaan gebruiken in een schone circulaire economie en de klimaatverandering, het biodiversiteitsverlies en de vervuiling te stoppen. Ook is vastgelegd welke financiële instrumenten en investeringen nodig zijn en hoe we tot een inclusieve en eerlijke transitie kunnen komen (**figuur 2**).

Waterstof zal een sleutelrol vervullen in het bereiken van de Europese Green Deal doelstellingen.

Figuur 2 : Diagram de Europese Green Deal



Enkele elementen uit de EC communicatie Green Deal die het belang van waterstof onderstrepen :

The EU aims to reach net-zero greenhouse gas emissions by 2050. To this purpose, a plan for “smart sector integration”, bringing together the electricity, gas and heating sectors closer together “in one system”, will be presented in 2020.

Supplying clean, affordable and secure energy is another objective, which mentions hydrogen’s role. In particular, the transition to climate neutrality also requires smart infrastructure. Increased cross-border and regional cooperation will help achieve the benefits of the clean energy transition at affordable prices. The regulatory framework for energy infrastructure, including the TEN-E Regulation¹², will need to be reviewed to ensure consistency with the climate neutrality objective. This framework should foster the deployment of innovative technologies and infrastructure, such as smart grids, hydrogen networks or carbon capture, storage and utilisation, energy storage, also enabling sector integration.

Furthermore, to mobilise industry **for a clean and circular economy** EU industry needs ‘climate and resource frontrunners’ that will develop the first commercial applications of breakthrough technologies in key industrial sectors by 2030. Priority areas include clean hydrogen, fuel cells and other alternative fuels, energy storage, and carbon capture, storage and utilisation.

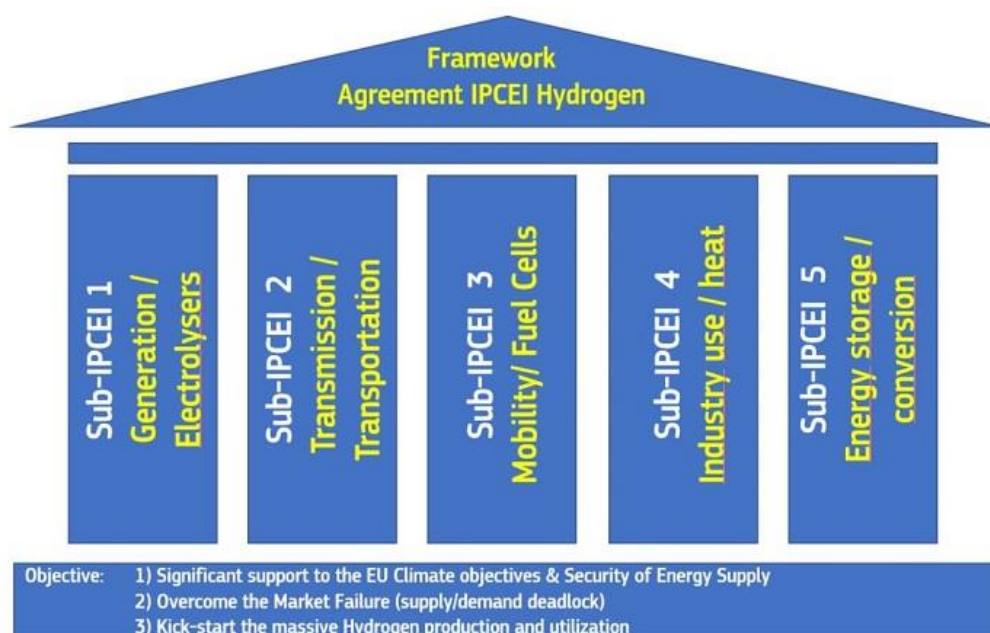
Last, but not least, the full range of **instruments available under the Horizon Europe programme** will support the research and innovation efforts needed. Four ‘Green Deal Missions’ will help deliver large-scale changes in areas such as adaptation to climate change, oceans, cities and soil. These missions will bring together a wide range of stakeholders including regions and citizens. Partnerships with industry and Member States will support research and innovation on transport, including batteries, clean hydrogen, low-carbon steel making, circular bio-based sectors and the built environment.

1.2.2 Important Projects of Common European Interest (IPCEI)

Europa heeft met het IPCEI-kader strategisch belangrijke waardeketens voor Europa willen identificeren, belangrijk voor het versterken van de Europese industrie, die vervolgens de erkenning of status van IPCEI kunnen krijgen mits voldoende engagement (financieel) vanuit de lidstaten. De IPCEIs willen grootschalige en gecoördineerde investeringen vanuit verschillende lidstaten mobiliseren. Europa staat daarbij een versoepeling van de toepassing van de staatssteunregels toe. Het European Strategic Forum voor IPCEIs identificeerde 6 nieuwe strategische waardeketens waaronder **de waardeketen “Hydrogen Technologies and Systems” (figuur 3).**

Europa zal binnenkort (april 2020 ?) een oproep naar de lidstaten lanceren om te informeren naar de interesse tot deelname of participatie in de IPCEI rond waterstof.

Figuur 3 : Framework Agreement IPCEI Hydrogen



1.2.3 De Europese Joint Undertaking Hydrogen and Fuel Cells (FCH JU)

De Europese FCH JU <https://www.fch.europa.eu/> is het Europese publiek-privaat partnership voor Onderzoek en Innovatie in het domein van Fuel Cells and Hydrogen. De FCH JU werd opgericht op 30 mei 2008 via een Europese verordening van de Raad. Voor de FCH JU 1 onder FP7 (2008-2013) was er een publiek budget van ongeveer 500 mio

euro beschikbaar gesteld vanuit FP7. De FCH JU 2 (2014-2020) kreeg een publiek budget van Horizon 2020 van 665 mio euro. Dit publieke budget wordt gefinancierd met een even groot budget vanuit industrie en onderzoek.

De FCH JU bestaat uit drie leden : de Europese Commissie, Hydrogen Europe (de industriële associatie in het domein van waterstof en brandstofcellen) en Hydrogen Europe Research (de onderzoekswereld). Hydrogen Europe telt momenteel meer dan 100 Europese bedrijven (waaronder Hydrogenics, Van Hool,...) , meer dan 68 onderzoeksassociaties en 13 nationale associaties (waaronder WaterstofNet).

Vlaanderen heeft, mede onder trekkerschap van WaterstofNet, een belangrijk aandeel van Europese subsidies voor onderzoek en innovatie die verdeeld worden via de FCH JU kunnen binnenhalen (zie onder gerealiseerde projecten met steun van de FCH JU).

Onder het nieuwe Europese kaderprogramma voor onderzoek en innovatie Horizon Europe (2021-2027) is een voorstel voor nieuw European partnership rond Hydrogen voorgesteld, als opvolger van de FCH JU.

1.2.4 het ETS Innovation Fund

Een ander belangrijk toekomstig Europees financieringskader voor demonstratieprojecten van innovatieve low-carbon technologies is **het ETS Innovation Fund** (geschat budget van 10 bio euro voor de periode 2020-2030) https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en

1.3 Onze buurlanden

1.3.1 Nederland

In het eerste kwartaal van 2020 zal de Nederlandse overheid met een beleidsvisie voor waterstof komen.

in voorbereiding hierop hebben op 20 januari 2020 Experts van de TKI (Topconsortium voor Kennis en Innovatie) Nieuw Gas (onderdeel van de Topsector Energie) het document “Programmatische Aanpak Waterstof voor de Energietransitie” of met andere woorden een innovatieroadmap voor waterstof aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) overhandigd. Het is een uitgebreide to-do lijst waaraan overheden, bedrijfsleven en onderzoeksinstituten nauw moeten samenwerken en de samenleving actief moeten betrekken. In totaal is in de komende tien jaar een investering nodig van alle betrokkenen van minimaal 1,5 tot 2 miljard euro. Dan kan waterstof serieus bijdragen aan de energietransitie.

Met de beleidsvisie zal duidelijk worden of de Nederlandse overheid ook gaat kiezen voor een operationele ondersteuning voor waterstofproductie, naast de innovatiegelden die er nu al zijn (€40-60 miljoen jaarlijks tot 2030, ook voor pilots, demo's).

Achtergrond :

Op 28 juni 2019 presenteerde Nederland haar **definitief klimaatakkoord** (sinds 2018 in voorbereiding) met als belangrijkste doel de CO₂-uitstoot in 2030 met 49% verminderen vergeleken met 1990. In 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met 95% afgenomen zijn. In het Klimaatakkoord hebben overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties samen afspraken gemaakt over welke maatregelen ze de komende 10 jaar gaan nemen in de sectoren elektriciteit, industrie, mobiliteit, gebouwde omgeving en landbouw en landgebruik. Daarnaast zijn een aantal cross-sectorale maatregelen vastgesteld zoals kennis en innovatie, arbeidsmarkt en financiering verduurzamingsprojecten.

Het klimaatakkoord voorziet een prominente rol voor waterstof in verschillende sectoren van ons energiesysteem, en als versterking van het 'systeem' als geheel. In de kabinetsbrief behorend bij de Klimaatakkoord wordt een "ambitieuw waterstofprogramma, gericht op onderzoek, pilots en demonstratieprojecten, infrastructuur en brede waterstoftoepassingen" aangekondigd om dit te realiseren.

Ten tweede werd als onderdeel van de voorbereiding van het Nederlandse klimaatakkoord in maart 2019 een **Integrale Kennis en Innovatie Agenda (IKIA)** gepubliceerd, uitgewerkt in 13 zogenaamde **Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP's)** voor de sectoren elektriciteitsopwekking, gebouwde omgeving, industrie, mobiliteit en landbouw. Waterstof blijkt een doorsnijdend thema te zijn met raakvlakken met meerdere MMIP's. Ook daarom en ook mede door het feit dat de ontwikkelingen en initiatieven in het domein van waterstof in een **stroomversnelling** zijn geraakt is een **Meerjarige Programmatische aanpak voor Waterstof (MPAW)** noodzakelijk.

De Topsector Energie, als coördinerende topsector voor de maatschappelijke uitdaging 'Energietransitie en duurzaamheid', heeft de coördinatie van de meerjarige, programmatische aanpak voor waterstof op zich genomen. Een aparte stuurgroep (onder coördinatie van de TKI Nieuw Gas) zal naast de andere 5 missieteams (voor de 5 sectoren) functioneren en verantwoordelijk zijn voor de inhoudelijke sturing.

De meerjarige, programmatische aanpak voor waterstof is uitgewerkt in 5 onderdelen die met elkaar verbonden zijn:

- 1 Van visie naar beleidsvorming
- 2 Laten zien in praktijkprojecten (pilots, demo's en implementatie)
- 3 Creëren van de randvoorwaarden
- 4 Onderzoek voor de langere termijn
- 5 Ondersteunende en flankerende activiteiten

In onderstaande tabel wordt het samenvattend overzicht voor de 5 onderdelen gegeven inclusief timing en een eerste, zeer globale indicatie van de verwachte budgetbehoefte (bron:

[https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Waterstof%20voor%20de%20energietransitie%20-%20innovatieroadmap%20\(jan%202020\).pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Waterstof%20voor%20de%20energietransitie%20-%20innovatieroadmap%20(jan%202020).pdf))

Tabel 1 : overzicht Programmatische Aanpak Waterstof in Nederland (voorstel TKI Nieuw Gas)

Thema	Timing (wanneer gereed)	Geschat budget (M€)
1 Van visie naar beleidsvorming		
1A. Beleidsvisie waterstof	Begin 2020	Geen
1B. Studies voor programmaontwikkeling	Doorlopend	Jaarlijks 0,2-0,5
2 Laten zien in grootschalige praktijkprojecten		
2A. Realisatie grootschalige waterstofproductie op GW-schaal	2030	1.000+
2B. Aanleg van een waterstofbackbone in Nederland en waterstofopslag	Rond 2030	Deels publiek
2C. Inzet van stuurbare, flexibele elektriciteitscentrales op waterstof	2030	250+
2D. Demonstratie van 3-5 pilots met waterstof in de gebouwde omgeving	2025	10-20
2E. Uitrol van mobiliteit op waterstof incl. vulpunten	2025	10-20
2F. Pilot- en demoprojecten waterstof in de industrie (valt deels onder 2A)	2025-2030	50-100
2G. Inpassing decentrale duurzame elektriciteitsproductie via waterstof	2025	10-20
2H. Ontwerp en aanleg testenergie-eiland	Voor 2030	100+
3 Creëren van de randvoorwaarden		
Diverse onderwerpen, uit te werken in de komende jaren (o.a. veiligheid, wet- en regelgeving, gaskwaliteit, standaardisatie)	2020-2021	10-20
4 Onderzoek voor de langere termijn		
Middellange tot lange termijn R&D-agenda ten uitvoer brengen	2020-2030	Jaarlijks 5-10
5 Ondersteunende en flankerende activiteiten		
5A. Certificering van waterstof	2020-2021	Beperkt
5B. Internationale afstemming en samenwerking	Doorlopend	Beperkt
5C. Divers: regionale samenwerking, HCA, Digitalisering, MVI etc.	Doorlopend	Beperkt
TOTAAL <i>(zeer globale schatting voor de periode 2020-2030)</i>		Ordegrootte 1.500 - 2.000

1.3.2 Duitsland

De Duitse federale overheid heeft aangekondigd (december 2019) **weldra een Hydrogen Strategy** te willen publiceren.

Duitse doelstellingen : 65% hernieuwbare elektriciteit tegen 2030, uitfasering nucleair en steenkool

Meerdere grootschalige waterstofprojecten:

- HyBridge: 100MWe elektrolyse in 2023 (Amprion, Open Grid Europe)
- HySynGas: 50MWe elektrolyse (Arge Netz, Vattenfall, MAN Energy Solutions)
- RefHyne: 10MWe elektrolyse (operationeel)
- 75 actieve waterstoftankstations (100 tegen eind 2019)

Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) : National Innovation Programme Hydrogen and Fuel Cell Technology (NIP) 2016-2026 : research and development in the area, market activation, support for initial products

- 250 million euros until 2019 was allocated to support hydrogen and fuel cell technology

The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) : support for applied research and development in hydrogen and fuel cell technology, 25 million euros annually within the framework of the 6th Energy Research Programme

1.3.3 Frankrijk

National roadmap for Hydrogen (juni 2018) :

<https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/120903c7-34bc-49b1-a324-b1f6ba0dbf53/files/4c3ada61-fd66-479a-a683-91a63f8d6b87>

Frankrijk zet in op groene waterstof voor verduurzaming van mobiliteit, industrie en warmte.

Doelstelling voor 2028 :

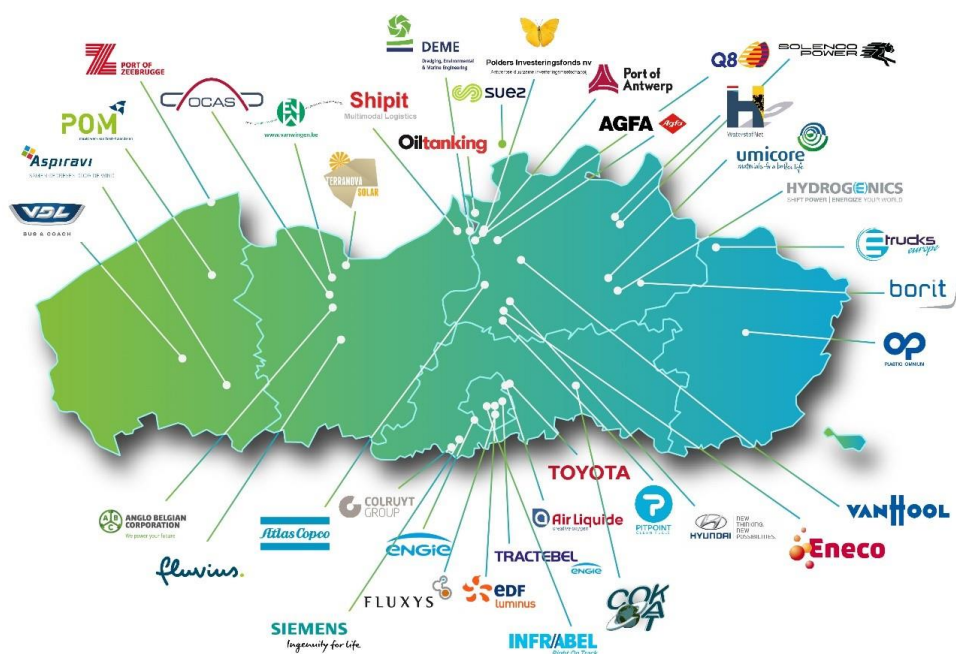
- 20-40% groene waterstof in industriële toepassingen
- 20.000-50.000 bestelwagens
- 800-2.000 heavy duty
- Minimaal 400 tankstations
- Groene waterstofeconomie zal zorgen voor 40.000 jobs tegen 2030
- 8,5 miljard omzet tegen 2030; 6,5 miljard € export tegen 2030
- GRHYD project in Duinkerke Beheer netwerken van koolstofarme energie op basis van waterstofinjectie): demonstratie gebruik van waterstof voor vervoer en huisvesting (Engie + 11 andere industriële partners)

2. Gerealiseerde en lopende projecten in het domein waterstof

Vlaanderen heeft reeds een heel track record van concrete projecten (demonstraties) opgebouwd in het domein van waterstof. De kennis en expertise rond waterstof in Vlaanderen zit verspreid over de volledige waterstofwaardeketen. De voorbije jaren heeft Vlaanderen die kennis en expertise weten te combineren met sterk ondernemerschap mede onder de coördinatie van WaterstofNet. Dankzij dit track record heeft Vlaanderen ervaring opgedaan en een sterk industrieel netwerk opgebouwd van geëngageerde bedrijven (**figuur 4** : Power to Gas cluster, begin 2019, 44 leden <https://www.power-to-gas.be/>).

Figuur 5 toont het Vlaamse industrieel netwerk van de Power to Gas cluster (thans Waterstof Industrie Cluster) over de waterstofwaardeketen. **Figuur 6** geeft een zicht op het industriële BE netwerk over de waterstofwaardeketen vanuit IPCEI-perspectief.

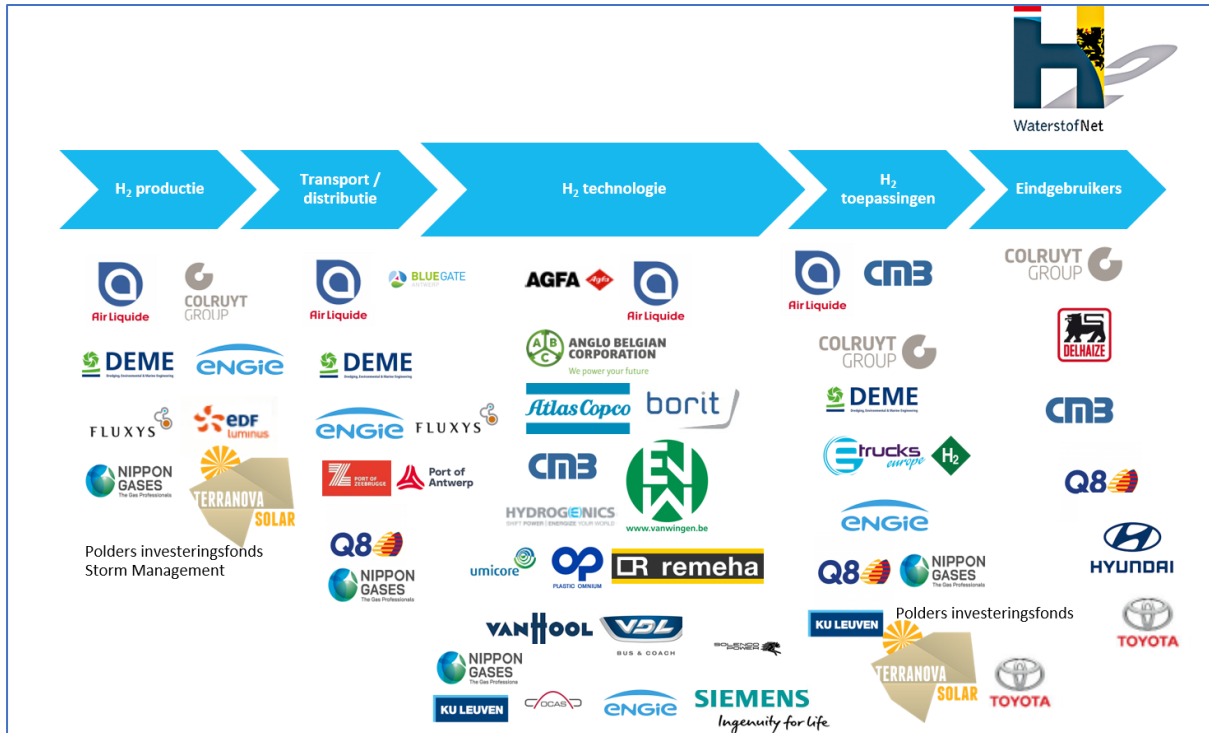
Figuur 4 : Power to Gas cluster begin 2019 (bron : WaterstofNet)



De gerealiseerde projecten situeren zich voornamelijk in de domeinen van mobiliteit en elektriciteit. De initiële focus op **mobiliteit** wordt thans verbreed mede onder invloed van de groeiende Europese en internationale belangstelling en erkenning (zowel op politiek niveau als door de bedrijven) van de bijkomende cruciale rollen die waterstof kan opnemen in de vergroening van ons **energiesysteem** (netbalancering en vergroening van het aardgas) en de verduurzaming van onze **industrie** (groene waterstof als grondstof of bouwblok van basismoleculen voor o.m. de chemie, de voeding,...of ter vervanging van grijze waterstof in

industriële processen). Voor wat betreft dit laatste (vergroening van de industrie) willen de Vlaamse havens een actieve rol opnemen.

Figuur 5 : Vlaamse Waterstof Industrie Cluster over de waterstofwaardeketen
(bron : WaterstofNet)



Figuur 6 : Industrieel netwerk (BE) over de waterstofwaardeketen (IPCEI perspectief)
(bron : Agoria)



2.1 Interreg-kader (= kader bij uitstek voor demonstratieprojecten)

Interreg IV waterstof Vlaanderen-Zuid-Nederland (2009-2013)

Projectduur : 01.06.2009 - 31.12.2013

Totaal budget : **€14,1 million** (~ 21 EFRO/52 publiek VL,NL /**27** **privaat**)

Projectpartners : Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij, Strategische Projectenorganisatie Kempen, Vlaams Samenwerkingsverband Waterstof en Brandstofcellen vzw, Waterstofnet bureau, Karel de Grote Hogeschool, Katholieke Hogeschool Kempen, IMEC, Katholieke Hogeschool Limburg, Hogeschool Zuyd, Hogeschool Zeeland, Fontys Hogeschool, Avans Hogeschool, Universiteit Gent, Power-Link, Energie Centrum Nederland, Unitron GeTec BV, Blue Planet Hydrogen, Beukers Autoschade BV, HyEngine Solutions NV, Solvay, Hoppecke, APTS

Projecten :

- aanleg van waterstoftankstations (Colruyt Halle, Automotive Campus Helmond)
- ontwikkeling van twee sloepen en een tankfaciliteit (Veerse Meer)
- een vuilniswagen (E Trucks) en een autobus (DVL) op waterstof
- gepaste opleidingsmodules via samenwerking tussen hogescholen in de grensregio
- primeur : in 2012 's **werelds grootste brandstofcel** gepresenteerd bij Solvay in de Antwerpse haven, te Lillo. Voor het eerst zet een brandstofcel waterstof (restwaterstof uit Chloorproductie) om naar een elektrisch vermogen van 1 Megawatt hoogwaardige elektriciteit.
- Andere primeurs : **eerste waterstoftankstation in Vlaanderen** (distributiecentrum van Colruyt in Halle) opgericht waar heftrucks en personenauto's kunnen tanken. Met eigen wind- en zonne-energie wordt er via elektrolyse waterstof opgewekt.
- Een jaar later werd op de Automotive Campus in Helmond het **allereerste waterstoftankstation in Nederland** in gebruik genomen.

Overzicht gerealiseerde projecten :

<https://www.waterstofnet.eu/nl/overzicht-projecten/overzicht-projecten> (periode 2009-2013)

Interreg V Waterstofregio 2.0 (2016-2019, verlengd tot 2020):

Projectduur : 01.04.2016-30.09.2020

Totaal budget : **€13,2 million** (~ 45 EFRO/12 publiek VL,NL /**43** **privaat**)

Projectpartners : WaterstofNet, Colruyt, PitPoint H2, Blenders, ISVAG, Beukers Autoschade BV, POM West-Vlaanderen, POM Antwerpen, VDL Enabling Transport Solutions, AutomotiveNL, Eoly, DATS 24

Status projecten (november 2019):

- Waterstoftankstation Antwerpen
- 700 bar H2 tankstation Halle (Colruyt)
- Uitbreiding H2 productie Halle, indoor tankdispensers en heftrucks
- Waterstoftankstation Breda
- Uitbreiding waterstoftankstation Helmond
- Mobiel waterstoftankstation
- Ontwikkeling en demonstratie van 44 ton vrachtwagen op waterstof
- Ontwikkeling van een regionale merkonafhankelijke service- en onderhoudsdienst voor diverse brandstofcel wegvoertuigen

Om het bestaande ecosysteem verder uit te bouwen wordt continue samengewerkt met regionale ontwikkelingsmaatschappijen en netwerkorganisaties. Het ecosysteem rondom H2 is sinds WR1.0 sterk gegroeid. De voorbije maanden werd een overzicht gemaakt van belangrijke spelers in de regio. Er werd tevens een haalbaarheidsonderzoek afgerond in de regio Roeselare/Izegem voor de realisatie van een waterstoftankstation.

Overzicht nog lopende en gerealiseerde projecten :

<https://www.waterstofnet.eu/nl/waterstofregio-2-0> en

[https://www.waterstofnet.eu/nl/overzicht-projecten/overzicht-projecten \(periode 2016-2019\)](https://www.waterstofnet.eu/nl/overzicht-projecten/overzicht-projecten%20(periode%202016-2019))

2.2 Overige Interreg-kaders (inclusief CCUS-projecten)

Interreg 2 Zeeën

- **ISHY (Implementation of Ship Hybridisation) – Autonomoom Gemeentebedrijf Haven Oostende, GEO Aqua bvba, Vera Cruz Shipping bvba, Parkwind NV**
- Carbon2 Value (carbon Capture & Usage) - Arcelor Mittal Belgium NV, C-shift
- E2C (electrons to high value chemical products) – VITO, Universiteit Antwerpen

Interreg North Sea Region

- **ZEM Ports (Zero Emission Ports North Sea) – Autonomoom Gemeentebedrijf Haven Oostende,**
- **Roadmap : HyTrEc roadmap, strategische visie voor kansen van waterstof in de Noordzee-regio (2012-2015)**

Interreg North-West Europe

- **GENCOMM (generating energy secure communities through smart renewable Hydrogen) – VUB**
- **H2SHARE : (2017- 2020): DEMONSTRATIE HEAVY-DUTY TRUCK EN MOBIEL TANKSTATION OP 6 LOCATIES IN 4 EUROPESE LANDEN – deelname WaterstofNet, VDL.**

- **H2SHIPS** (System based solutions for H2 fuelled water transport in NEW) – Autonomo gemeentebedrijf Haven Oostende
- ITEG (Integrating Tidal energy into the European Grid) – U Gent

Interreg Grensregio

- EbOp (CO2 voor energieopslag) – VITO, Thomas Moore Kempen, Universiteit Antwerpen, U Gent, U Hasselt, KUL
- LUMEN (carbon capture and usage) – IMEC, U Hasselt, Ecosynth (waterstof met CO2 omzetten naar synthetisch aardgas)

EFRO

- Project: 1118 : CAPTURE (U Gent)

2.3 VLAIO-subsidies, projecten

Steun voor Innovatief bedrijfsnetwerk Power to Gas :

Projectperiode 1/9/2016 tem 31/08/2019, ca 300.000 euro <https://www.power-to-gas.be/>

- Roadmap Power-to-Gas (2014-2015) : met steun van de Vlaamse overheid
- Potentieelstudie Groene Waterstof (2017-2018) : met steun van het Vlaams energieagentschap

Steun aan onderzoek en ontwikkeling

- **Via de speerpuntclusters (totale VLAIO subsidie 4.537.747 euro)**
 - o **Flux50**
 - HBC.2017.0385 Sun based smart battery and hydrogen integrated novel energy concept (Sunshine) – partners: Terranova Solar, Waterstofnet, Lampiris, Havenbedrijf Gent; VLAIO subsidie 50.329 euro
 - HBC.2017.0707 BRIGHTFIELDS: Hybrid energy production and storage on redeveloped brownfields, including use case Terranova Solar; VLAIO subsidie 982.786 euro
 - HBC.2017.0687 GREENPORTS: Opportunities for large scale hydrogen production from wind energy in a port environment; VLAIO subsidie 982.912 euro
 - HBC.2019.0071 Hydro-Energy Power-Station (deelaspect), Cordeel,...; VLAIO subsidie 2.521.720 euro
 - o **Catalisti**
 - HBC.2017.0692 CO2PERATE: all renewable CCU based on formic acid integrated in an industrial microgrid – SBO

- **Moonshot**

Eerste projectoproepen in evaluatie. Onderwerp kan aan bod komen in MOT 3 en 4.

- **Reguliere steun (totale VLAIO subsidie 390.379 euro)**

- HBC.2017.0282 - Ontwikkelen en valideren van het concept van lokale autonome netten gebruik makende van een waterstofgebaseerde WKK met verbrandingsmotor en opslag – Van Wingen; VLAIO subsidie 219.348 euro
- IWT.2015.5024 Solenco Power Box – Solenco; VLAIO subsidie 133.047 euro
- HBC.2018.0509 Future Fuels and Drive Trains for Crew Transfer Vessels & Auxiliary Gensets (Fu²Drive 4 CTV); VLAIO subsidie 37.984 euro
- Meerdere projecten van Hydrogenics

2.4 PMV-investeringen

Algemeen stelt PMV zich op als verstrekker van

- Risicokapitaal: gericht is op innovatieve ondernemingen die ondersteunende technologie, producten en diensten aanbieden die gerelateerd zijn aan waterstof;
- Projectfinanciering: vooral relevant is voor goed gedefinieerde (opschalings)projecten samen met degelijke partners (minder technologie-risico) en
- Waarborgverstrekker via Waarborgbeheer en Gigarant: meer gericht op de bankfinanciering die typisch op projecten wordt betrokken en daardoor vaak interessant is als het over investeringen in (productie)activa gaat.

Daarnaast bereidt PMV ook een structuur voor om in te spelen op toekomstige Europese garantieschema's die ook zouden kunnen gebruikt worden

PMV volgt de ontwikkelingen van het potentieel van H₂ van nabij op en is betrokken bij een aantal projecten en ondernemingen die actief zijn in de H₂ sector.

- Participatie in Borit – leverancier van onderdelen van fuel cells
- Betrokken bij de oefening van waterstofnet inzake de combinatie elektriciteit uit windenergie – omzetting H₂ – bevoorrading H₂ tankstation
- Pre-feasibility samen met Vlaamse belangrijke gebruiker van en brandstofverdelers van H₂ die de mogelijkheid van H₂ bevoorrading in zijn tankstation-netwerk wenst op te zetten
- Actief betrokken bij de realisatie van het eerste commerciële waterstof tankstation in Vlaanderen gelegen in Zaventem.
- Betrokken bij de ontwikkeling van een mogelijk H₂ tankstation voor de scheepvaart op Blue Gate Antwerp.
- Onderzoek naar diverse potentiële leveranciers aan de H₂ waardeketen. Tot nu toe nog niet geleid tot een participatie.
- Via VMH – actief betrokken bij het PtMeOH project in de Antwerpse haven.

2.5 Belgische steun

Federaal Energietransitiefonds

- EPOC : (2018-2022) : uitwerken van gezamenlijke energiemodellen voor de reductie van broeikasgassen
Energiemodellering voor beleidsondersteuning om een kosteneffectieve en duurzame energietransitie in 2030 en 2050 mogelijk te maken (EPOC 2030-2050)
 - o 14 partners (o.a. WaterstofNet, VITO, KUL, IMEC, Ugent)
 - o Oproep 2017, Projectduur : 4 jaar en 8 maanden
- Andere projecten met FET financiële ondersteuning op het gebied van waterstof en energie-opslag : HYOFFWIND, METIS, BREGILAB, BEST, PROCURA).
- Nieuwe FET project-oproep lopende (deadline projecten: 31 januari 2020).

2.6 Europese steun

Projecten met steun van de Europese Joint Undertaking Hydrogen and Fuel Cells (FCH JU)

Vlaamse deelname in FCH JU 1 (calls 2009-2013)				
	VL Proposals ingediend	VL Proposals Main List	slaagpercentage	
	-	12	-	
Financiering				
	EC cofinanciering	Eigen financiering	Totaal	% EC cofunding
12 main list proposals	9.605.155 EUR	9.119.222 EUR	18.724.377 EUR	51%
Vlaamse deelnemers in 12 Main List proposals				
Totaal	10 verschillende deelnemers, sommigen nemen deel aan meerdere proposals, aangegeven tussen ()			
Onderzoek	1	VITO (2)		
Private bedrijven	7	BOSAL Emission Control Systems (2), Hydrogenics (2), Van Hool, Borit (3), Bekaert, Colruyt, SSA (thans Optimum CPV)		
Overheidsinstellingen	1	De Lijn		
Overige	1	WaterstofNet (3) In 2 voorstellen zit WaterstofNet in een consortium met VL bedrijven		

Vlaamse deelname in FCH JU 2 (calls 2014-2019)				
	VL Proposals ingediend	VL Proposals Main List	slaagpercentage	
	46	20	43 %	
Financiering				
	EC cofinanciering	Eigen financiering	Totaal	% EC cofunding
20 main list proposals	20.149.678 EUR	17.881.784 EUR	38.031.462 EUR	53%
Vlaamse deelnemers in 20 Main List proposals				
Totaal	18 verschillende deelnemers, sommigen nemen deel aan meerdere proposals, aangegeven tussen ()			
Onderzoek	3	VITO, Laborelec, Sirris		
Private bedrijven	12	Hydrogenics (4), Bosal, Fike Europe, Borit (2), VDL, Remeha, E-trucks, Chemours Belgium, Optimum CPV, Covess, Eoly, Colruyt		
Overheidsinstellingen	2	De Lijn, Stad Antwerpen		
Overige	1	WaterstofNet (3) In 2 voorstellen zit WaterstofNet in een consortium met VL bedrijven		

Enkele voorbeeldprojecten (FVH JU1 en FCH JU2)

- Don Quichote (2012-2017) : combinatie windenergie, waterstof, heftrucks en smart grid
- HighVLOCity (2013-2018): Demonstratie van 14 brandstofcelbussen in 4 Europese steden
- 3Emotion (2015-2019): DEMONSTRATIE VAN 29 WATERSTOFBUSSEN IN 5 REGIO'S IN EUROPA-
rol Waterstofnet : coördinatie en communicatie
- REVIVE (2018-2021) : demonstratie 15 vuilniswagens op waterstof in 8 regio's in Europa
(WaterstofNet, E-trucks, Stad Antwerpen)
- H2HAUL (2019-2024) : demonstratie 16 vrachtwagens op waterstof (WaterstofNet, Eoly, Coruyt)
- CertifHy : studie certificering groene waterstof (2017-2019)

Projecten met steun van het Europese Programma Connecting Europe Facility (CEF), Trans European Transport Network (TEN-T)

- H2BeNeLux (2017-2020)
Samenwerking tussen de overheden van de Benelux voor de bouw van 8 waterstoftankstations, uitrol 80 waterstofauto's
Partners : coördinatie WaterstofNet, Colruyt Group, PitPoint, Shell, Rijkswaterstaat
H2Benelux is co-financed by the European Union's Connecting Europe Facility (CEF) - Transport Programme to a maximum of € 7,218,875 and runs until the end of 2020
- Roadmap : H2Mobility Belgium: National Implementation Plan H2 refuelling infrastructuur Belgium (WaterstofNet, UCL)
Uitrol voor tankinfrastructuur in België, input omzetting EU richtlijn

Projecten met steun van het Europese Programma LIFE

- Life'N Grab Hy (2015-2020) : *demonstratie 2 vuilniswagens op waterstof in 10 Europese steden* (1,6 mio EUR EC funding)
Partners : WaterstofNet (coördinator), Baetsen (transport, bouw- , afval), Cure (afvalbeheer,NL), E-Trucks, Hydrogenics

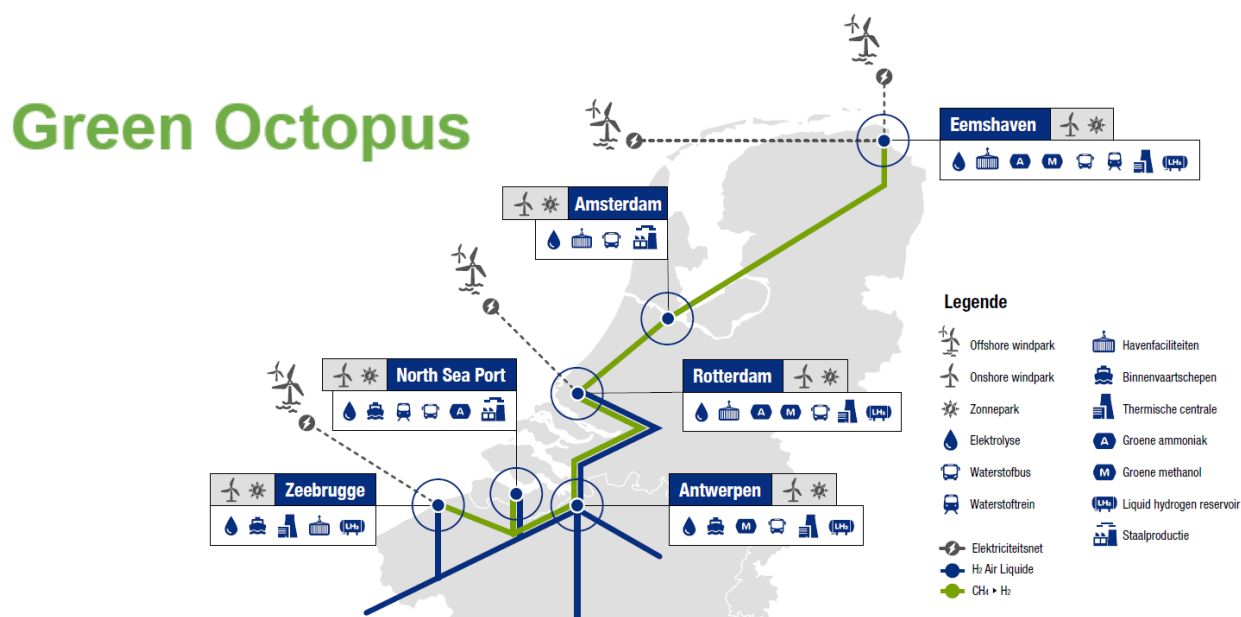
3. Toekomstplannen, nieuwe initiatieven

3.1 Green Octopus

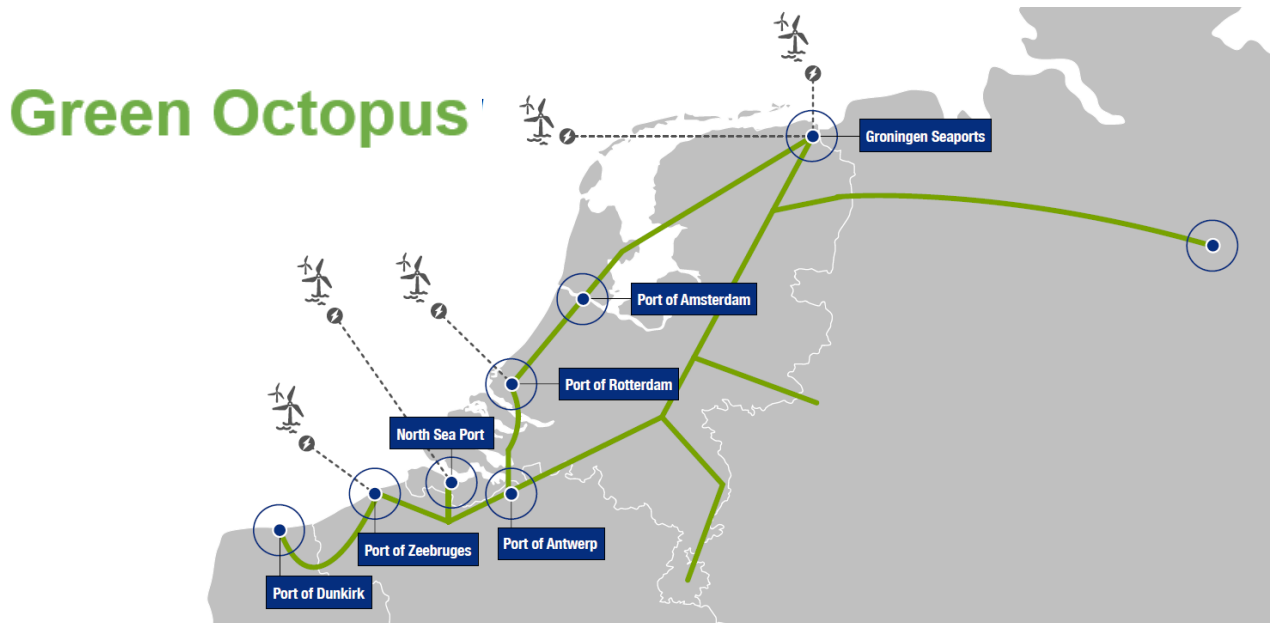
Op de Europese conferentie Hydrogen for Climate Action (9 oktober 2019) en het Congres WaterstofNet : 10 jaar Vlaams-Nederlandse samenwerking rond waterstof (14 november 2019) werd het project **Green Octopus** gecommuniceerd, een ambitieus plan voor samenwerking rond waterstof tussen de havens van Vlaanderen en Nederland langsheen een zogenaamde waterstofbackbone. Green Octopus omvat onder meer een aantal initiatieven met langs Vlaamse zijde betrokkenheid van Vlaamse bedrijven (uit o.m. Power to Gas netwerk) en de Vlaamse havens (haven van Zeebrugge, North Sea Port, haven van Antwerpen).

Green Octopus, als idee gestart vanuit Vlaanderen-Nederland (**figuur 7**), heeft de ambitie om deel uit te maken van een groter Europees projectvoorstel (uitbreiding naar Duitsland en Frankrijk) in het kader van de European Projects of Common European interest (**figuur 8**).

Figuur 7 : Green Octopus als samenwerking rond waterstof tussen de havens van Vlaanderen en Nederland langsheen een zogenaamde waterstofbackbone



Figuur 8 : Green Octopus VL-NL samenwerking uitgebreid naar Duitsland en Frankrijk



Green Octopus omvat o.m. volgende initiatieven (selectie, zonder volgorde, svz december 2019)

- **HyOffWind** (Eoly, Parkwind, Fluxys in de haven van Zeebrugge)

HyOffWind : power to Hydrogen installatie op industriële schaal (25 MW)

- **North Sea Port/Terranova Hydrogen** (ambitie 1 GW grensoverschrijdende H2 cluster in de Delta Regio, in het kader van het Smart Delta Resources samenwerkingsverband)

Smart Delta Resources (SDR) is een samenwerkingsverband van elf grote bedrijven uit Zuid-West Nederland en Oost-Vlaanderen die hun energie- en grondstoffenverbruik willen reduceren via industriële symbiose

Gerelateerde projecten : Steel2chemicals (Arcelor Mittal-Dow), CCU-hub Gent, Terranova Hydrogen (1 MW electrolyser; Terranova Solar, Aertssen, Deme, Denul)

- **Haven van Antwerpen : Power to Methanol project**
 - plan proeftuin H2 – CCU
 - power-to-methanol demonstrator
 - waterstoftransport en -import (recente persberichten)

Persbericht 22 maar 2019 <https://www.portofantwerp.com/en/news/port-antwerp-brings-different-players-together-produce-sustainable-methanol>

Port of Antwerp brings different players together to produce sustainable methanol

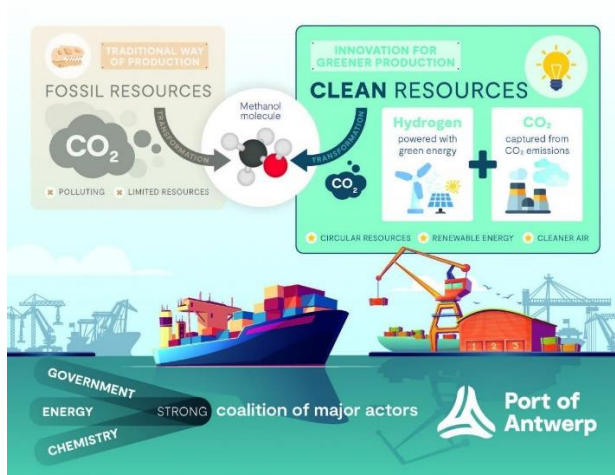
Pilot project aims for 4,000 to 8,000 tonnes of sustainable methanol per year

Port of Antwerp is starting the year with an ambitious new project. By bringing various players in the port area together for sustainable production of methanol – an important raw material in the port – it is taking the next step in the transition to alternative energy sources and a carbon-neutral port.

Close partnerships

To achieve this Port of Antwerp is bringing various experts together. ENGIE, Oiltanking, Indaver, Vlaamse Milieuholding (VMH) and Helm-Proman have all declared their support for this project, and several knowledge institutes have also committed themselves.

From fossil sources to sustainably produced fuel (haven van Antwerpen)



3.2 Andere initiatieven

Arcelor Mittal

Waterstof als reductiemiddel staalproductie (momenteel wordt 10% waterstof ingezet)

Belgische studie rond grootschalige import van waterstof

<https://www.waterstofnet.eu/nl/nieuws/waterstofnet-als-kenniscentrum-in-belgische-studie-rond-grootschalige-waterstofimport>

Zeven grote industriële spelers en publieke stakeholders bundelen hun krachten in een pioniersstudie rond de grootschalige import van waterstof uit andere continenten. Deme, Engie, Exmar, Fluxys, Port of Antwerp, Port of Zeebrugge en WaterstofNet ondertekenden een samenwerkingsovereenkomst om hun expertise samen te brengen in de richting van een Belgische waterstofeconomie. Dit kadert in de klimaatdoelstelling om in 2050 maar liefst 80% minder CO₂ (ten opzichte van 2005) uit te stoten in België.

Aankondiging Waterstoffabriek in Oostende

https://www.standaard.be/cnt/dmf20200127_04822804

Partners : Haven Oostende, Deme, de Vlaamse investeringsmaatschappij PMV
In een eerste fase wordt de algemene haalbaarheid verder onderzocht en een ontwikkelingsplan uitgewerkt. Daarna wordt een innovatief demonstratieproject met mobiele walstroom gestart. Tegen 2022 start de uitrol van een grootschalig walstroomproject, gevoed met groene waterstof. De eindmeet is voorzien in 2025 met een commerciële groene-waterstoffabriek in het kader van de geplande nieuwe offshore-windconcessies.

3.3 Initiatieven, opdrachten vanuit beleidsdomein EWI

EWI-financiering : verdere verduidelijking, concretisering Green Octopus voor Vlaanderen

Dep EWI heeft een cofinanciering (20 keuro) aan WaterstofNet toegekend voor het verder verduidelijken, concretiseren van het conceptplan Green Octopus voor Vlaanderen, met name

- Het in kaart brengen van het Vlaamse eco-innovatiesysteem in het domein van waterstof
- Onderzoeken hoe dit versterkt kan worden via concrete innovatieprojecten met draagvlak bij Vlaamse bedrijven
- Onderzoeken hoe dit verder versterkt kan worden door Vlaams Nederlandse samenwerking

Het Nederlandse ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft recent ook de cofinanciering van hun zijde bevestigd (eveneens 20 keuro).

Zo zal de gezamenlijke studie bekijken op welke manier een sterk Vlaams-Nederlands eco-innovatiesysteem kan uitgebouwd worden via een grensoverschrijdende waterstofcorridor.

Oplevering studie : februari 2020

VLAIO studie ‘ruimtelijk economische inplantingsfactoren van waterstof’ met focus op volgende aspecten

4. Een sectorfoto van de huidige producenten van waterstof in Vlaanderen en nabij Vlaanderen
5. Oplijsten en duiden van de vestigingsfactoren voor zowel productiefaciliteiten als voor opslag en verdeling van waterstof.
6. Mappen/in kaart brengen van deze vestigingsfactoren voor zowel productie als opslag/verdeling voor het hele Vlaamse Gewest (aan de hand van een statische kaart of verschillende GIS-layers. M.b.t. de vereisten en opportuniteiten voor rendabele initiatieven wordt aandacht besteed aan de catchment area's en analyse van de ideale verdeling/zwaartepunten.
7. Casestudie: Toepassing op de locatie Blue Gate Antwerp.
 - a. Wat zijn de technische vereisten en beperkingen (ook qua veiligheid) voor opslag en verdeling van waterstof?
 - b. Hoe ver reikt de catchment area voor een rendabel initiatief (met welke scenario's voor groei van aantal en aard gebruikers) en waar zit de mogelijke overlap met andere catchment area's?

4. Het Vlaamse eco-innovatiesysteem in het domein van waterstof in kaart gebracht

In het kader van de EWI-studieopdracht “verdere verduidelijking, concretisering Green Octopus voor Vlaanderen” door WaterstofNet werd onder meer gevraagd het Vlaamse eco-innovatiesysteem in het domein van waterstof, langsheen de waterstofwaardeketen, beter in kaart te brengen.

WaterstofNet deed een bevraging bij de leden van de Power to Gas cluster (weltra Waterstof Cluster) naar hun expertise en tewerkstelling.

Het aantal VTE's dat momenteel door de Vlaamse bedrijven over de waterstofwaardeketen (figuur 5) worden ingezet bedraagt 454 VTEs.

Een ander belangrijk gegeven is hoe het Vlaamse eco-innovatiesysteem in het domein van waterstof zich momenteel positioneert in Europese en mondiale waardeketens via onder meer de exportmogelijkheden van Vlaamse technologie naar het buitenland.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de bestellingen van Van Hool waterstofbussen (2014-2020).

Van Hool : overzicht bestellingen waterstofbussen (FC) in Europa

In 2014 heeft Van Hool 5 FC bussen geleverd aan De Lijn. Sindsdien zijn er geen bussen meer geleverd in Vlaanderen.

Projecten sinds 2018 : in totaal 56 FC bussen

Keulen : 35 FC bussen

Wuppertal : 10 FC bussen

Versailles : 2 FC bussen

London : 2 FC bussen

Rotterdam : 2 FC bussen

Aalborg : 3 FC bussen

Groningen : 20 FC bussen

2020 : projecten die toegewezen worden en strategisch belangrijk voor Van Hool

Keulen/Wuppertal : 25 FC bussen

Provincie Zuid-Holland : 20 FC bussen

TEC : 12 FC bussen

5. Vlaanderen : koploper op vlak van waterstof ?

5.1 Vlaamse beleidsambities

In het nieuwe Vlaamse regeerakkoord 2019-2024 zijn onder meer volgende ambities verwoord :

Hoofdstuk ECONOMIE en INNOVATIE

p. 46

*“We werken samen met de industrie aan oplossingen voor grote maatschappelijke uitdagingen. De klimaatuitdaging zetten we om in een economische opportuniteit. Het genomen engagement met betrekking tot de Moonshot “Vlaanderen CO2-neutraal” wordt gehonoreerd. We realiseren voor dit onderzoeksprogramma een decretaal kader dat rechtszekerheid kan bieden voor de lange termijn. We ondersteunen de uitbouw van CCSnetwerken en CCU-installaties (Carbon Capture & Storage/Usage), en doen hiervoor maximaal beroep op Europese middelen. We investeren in dit verband ook verder in onderzoek naar duurzame en hernieuwbare energie. **We hebben hierbij de ambitie om Europese koploper te worden in onder meer waterstof.**”*

p.48

*“We hanteren een meer **strategische aanpak van de Important Projects of Common European Interest (IPCEI)**, en voorzien hiervoor de nodige middelen.”*

Hoofdstuk ENERGIE EN KLIMAAT

VERMINDERING BROEIKASGASUITSTOOT luik B. INDUSTRIE, p. 202

*“We investeren verder in onderzoek en ontwikkeling naar duurzame energie- en klimaatoplossingen. **We hebben hierbij de ambitie om Europese koploper te worden in onder meer waterstof.**”*

FLEXIBEL EN SLIMMER ENERGIESYSTEEM, p.211

*“Om grotere aandelen hernieuwbare energie in het energiesysteem te kunnen integreren, moeten we ons energiesysteem digitaliseren en de capaciteit voor energieopslag kostenefficiënt uitbouwen. **Innovatie is cruciaal en dus zetten we proefprojecten op voor power-to-x en starten we een pilootproject voor de productie van koolstofarme waterstof en inzet van onze kanalen voor energieopslag.**”*

Voor zowel het beleidsdomein Economie, Wetenschap en Innovatie als voor het beleidsdomein Energie en klimaat is waterstof een aandachtspunt in het regeerakkoord.

Daar waar voor het beleidsdomein EWI de doelstelling voornamelijk is om de energie-en klimaatuitdaging om te zetten in economische opportuniteiten en competitiviteitsversterking van de Vlaamse industrie zal voor het beleidsdomein energie en klimaat de doelstelling eerder focussen op het effectief realiseren van de Vlaamse energie- en klimaatdoelstellingen die opgelegd worden vanuit Europa (decarbonisatie, energie-efficiëntie en hernieuwbare energie).

Zo kunnen de ambities vanuit het EWI-beleidsveld de ambities van Energie-klimaat beleidsveld versterken en omgekeerd, **op voorwaarde dat vanuit beide beleidsdomeinen initiatieven ondersteund worden, elk vanuit de eigen doelstellingen en ratio.**

Zo kan er vanuit beleidsdomein EWI financiering voorzien worden voor onderzoek & innovatie, demonstratie en investeringen in projecten die bijdragen aan de versterking van het Vlaams economisch weefsel. Wanneer die demonstraties ook effectief uitgerold en geïmplementeerd kunnen worden in eigen land versterkt dat de geloofwaardigheid van Vlaamse technologieën en know how in het buitenland. Vlaanderen mag dan bij uitstek een exportland zijn, de thuismarkt is essentieel voor de versterking hiervan.

Als Vlaanderen koploper wil zijn zowel op het vlak van waterstoftechnologie als op het vlak van implementatie van waterstoftechnologie en -toepassingen voor de realisatie van de eigen Vlaamse energietransitie vraagt dit één gestroomlijnd Vlaams beleid of de aligering van het energiebeleid op het onderzoeks- en innovatiebeleid.

Hieronder wordt verder gefocust op de aandachtspunten **vanuit het beleidsdomein EWI** voor een mogelijk toekomstig afwegingskader voor cofinanciering van waterstofprojecten.

In de beleidsnota Economie, Wetenschapsbeleid en Innovatie 2019-2024, zoals ingediend door minister Crevits in het Vlaams parlement, zijn volgende aandachtspunten mbt waterstof op te tekenen.

Onder Transversale strategische doelstellingen

p.27 5. Innovatie voor klimaatneutrale oplossingen in de industrie

*“We willen een toekomstgericht beleid voeren inzake klimaatverandering en zullen de inspanningen op het gebied van onderzoek en innovatie versterken. Alleen op die manier kunnen er klimaatneutrale oplossingen komen die economisch haalbaar zijn en maatschappelijk gedragen. **We willen zo niet alleen een antwoord bieden op de klimaatuitdaging, maar onze bedrijven ook koploper maken in innovatieve technologieën op dit vlak en hen in een sterke positie plaatsen om deze innovaties internationaal te vermarkten.** Naast onderzoek en innovatie zetten we ook in op **effectieve investeringen in bedrijven.** “*

p.28 Onderzoek en innovatie door bedrijven

“De moonshot ‘Vlaamse industrie koolstofcirculair en CO2-arm tegen 2050’ is het innovatieprogramma in het Vlaamse energie- en klimaatbeleid met als doelstelling het identificeren en gericht ondersteunen van onderzoek en innovatie voor een koolstofslimme en CO2- arme industrie in 2050.....

Via projecten..... We streven hierbij naar het betrekken van de volledige waardeketen om deze technologische oplossingen ook internationaal succesvol te laten valoriseren door Vlaamse ondernemingen.”

Hoewel hier het woord waterstof niet wordt genoemd is het een vanzelfsprekendheid dat groene waterstof een cruciale factor zal zijn in de verduurzaming van de Vlaamse industrie (waterstof als brandstof in productieprocessen en/of bouwsteen voor duurzame producten) en het behoud van economische activiteiten en dus competitiviteit in een klimaatneutrale samenleving tegen 2050.

p.29 Onderzoek en innovatie door bedrijven

*“Daarnaast hebben we **de ambitie om Europese koploper te worden in onder meer waterstoftechnologie**. In nauwe samenwerking met regionale partners en netwerken (speerpuntclusters Catalisti, Flux50, de Blauwe Cluster en Waterstofnet) en sterk ingebed in het Europese en internationale samenwerkingskader voor onderzoek en innovatie streeft*

*Vlaanderen naar een maximale valorisatie van deze onderzoeksexpertise in en buiten Vlaanderen. We bekijken hoe we door ondersteuning van first of a kind demonstratieprojecten **de Vlaamse bedrijven kunnen positioneren en kunnen laten participeren aan de opbouw van een Europese waardeketen in het domein van waterstof***

*(met name het aangekondigde **Important Project of Common European Interest - Hydrogen technologies and systems**). “*

5.2 WaterstofNet : coördinerende, stuwende rol in het Vlaamse innovatielandschap

De rol die WaterstofNet de voorbije 10 jaar heeft gespeeld in de structurering en netwerking van het Vlaamse innovatielandschap in het domein van waterstof en brandstofcellen is onmiskenbaar.

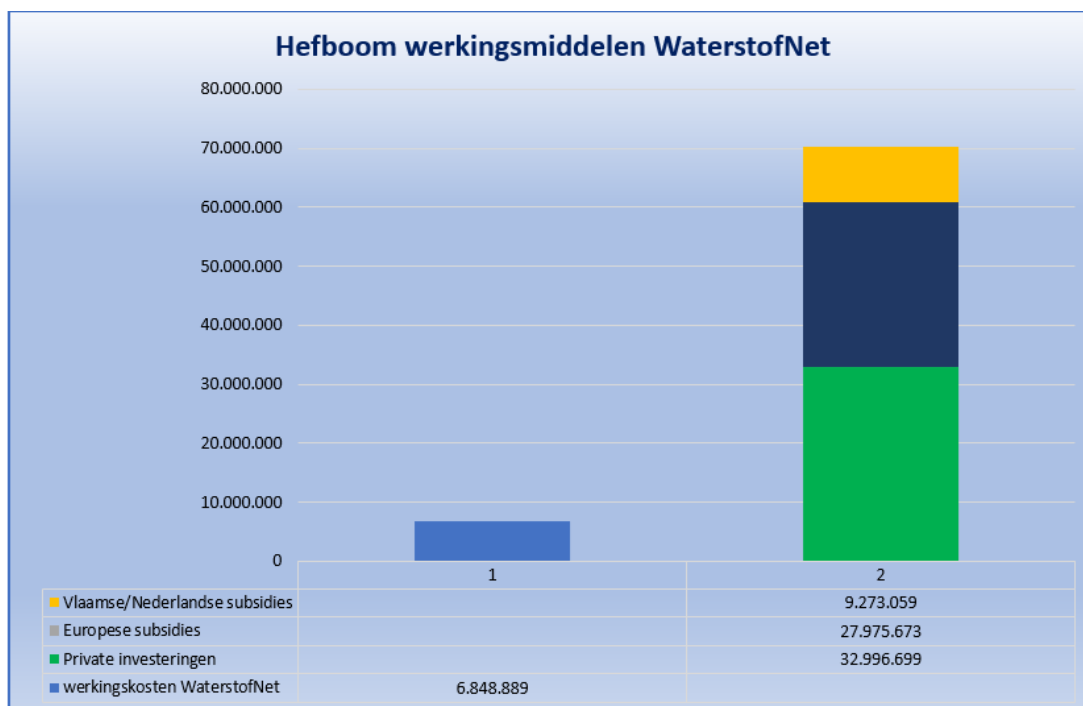
Het track record van Vlaamse projecten (hoofdstuk 2), met cofinanciering vanuit Interreg, Europese kaders..., werd gerealiseerd onder coördinatie van WaterstofNet.

Als coördinator van de cluster Power to Gas (aanvankelijk gestart als Innovatief Bedrijfsnetwerk) fungeert WaterstofNet als neutraal kenniscentrum voor heel wat industriële spelers in Vlaanderen en zelfs in Nederland die innovatie-ambities hebben in het waterstofdomein. WaterstofNet is sterk aanwezig in Europese belangenverenigingen (zoals de FCH JU en Hydrogen Europe) en op het internationale niveau (Technology Collaboration Programme Hydrogen) waardoor het de prioriteiten van Vlaamse industriële spelers mee op de kaart kan zetten.

Daarnaast fungeert WaterstofNet ook voor overheden (de Belgische, Vlaamse en Nederlandse overheid) als een waardevol aanspreekpunt voor actuele informatie omtrent waterstofambities en projecten in Vlaanderen. Via WaterstofNet kan snel en gericht en proactief gecommuniceerd worden over de nieuwe werkprogramma's (vertrouwelijke status) en oproepen van de Europese JU FCH. Omgekeerd kunnen Vlaamse prioriteiten snel gecapteerd worden en verdedigd via de States Representatives Group van de JU FCH.

De voorbije 10 jaar is WaterstofNet erin geslaagd heel wat financiering te mobiliseren vanuit de industrie en Europa. **Figuur 9** toont de hefboom die gerealiseerd geweest is door WaterstofNet de voorbije 10 jaar.

Figuur 9 : Hefboom werkingmiddelen WaterstofNet



De werking van WaterstofNet werd tot nog toe gefinancierd door een combinatie van financiering vanuit Interreg, financiering voor het Innovatief Bedrijfsnetwerk, industrie en Europese projecten.

5.3 Elementen toekomstig afwegingskader cofinanciering waterstofprojecten

Gezien het momentum van waterstof Europees en internationaal zijn er momenteel ook heel wat activiteiten en/of toekomstplannen in het domein van onderzoek & innovatie op Vlaams niveau (hoofdstuk 3).

Indien Vlaanderen **mee koploper wil worden op het vlak van waterstoftechnologie** stelt zich de vraag hoe Vlaamse bedrijven zich kunnen positioneren in de Europese waardeketen van waterstoftechnologie en -systemen om zo een groter aandeel te verwerven in die enorme groeiemarkt van waterstoftechnologie en waterstoftoepassingen.

Wat is de rol van de overheid, hoe kan **onderzoek & innovatie** de Vlaamse positie versterken? Binnen Vlaanderen worden er momenteel ambitieuze projecten gedefinieerd

waar cofinanciering (bij voorkeur subsidies) vanuit de overheid wordt gevraagd. Ongetwijfeld zullen er nog meerdere volgen. Het gaat dikwijls om grootschalige pilots of demonstratieprojecten.

Europees zullen er de volgende jaren ook heel wat financieringsopportunities zijn (Horizon Europe en het nieuwe Partnership rond Hydrogen, ETS Innovation Fund...). Via eigen onderzoek en innovatie kan de know how bij bedrijven, onderzoekers versterkt worden waardoor Vlaanderen zich ook sterker zal kunnen positioneren in competitieve Europese financieringskaders.

De projecten, gecommuniceerd onder het overkoepelende project Green Octopus, zijn grootschalig en complex en vergen grote investeringen. Het zijn veelal projecten die zich situeren op een hogere TRL-schaal (6-7-8), met name de First of a kind Demonstratieprojecten of First Industrial Demonstratieprojecten. Deze projecten zijn dikwijls nog niet economisch levensvatbaar (economic viability), er is een financieringskloof die overbrugd dient te worden en waarvoor er dus naar mogelijke publieke cofinanciering gekeken wordt.

De uitdaging waar we nu in Vlaanderen voor staan is hoe we bepaalde complexe, grootschalige projecten die kunnen bijdragen aan de opbouw en positionering van een sterke Vlaamse waterstofwaardeketen en aan de competitiviteitsversterking van de Vlaamse industrie, kunnen en willen financieren.

Op welke manier kunnen we de complexe financieringspuzzel leggen, een combinatie van financieringsinstrumenten (subsidies, investeringen) van de verschillende EWI-agentschappen en het engagement van de ondernemingen zelf.

Uitgaande van deze aandachtspunten en de ambitie verwoord in de beleidsdocumenten zal er vanuit het beleidsdomein EWI, als aanjager van onderzoek en innovatie, moeten nagedacht worden over een **toekomstig afwegingskader voor de cofinanciering van innovatieve waterstofprojecten**. Elementen die deel zouden kunnen uitmaken van dit afwegingskader zijn onder meer :

- Draagt het project bij aan het behoud van of de versterking van de competitiviteit van de onderneming (of groep van ondernemingen) in Vlaanderen
- Draagt het project bij aan de versterking en de opbouw van een Vlaamse waterstofwaardeketen, versterken van Vlaams technologische leiderschap in waterstoftechnologie en bijgevolg verwerving van een groter marktaandeel in deze sterk internationaal groeiende markt.
-

Naast de noodzaak aan een duidelijk afwegingskader zijn er nog een aantal andere aandachtspunten en uitdagingen aan te stippen.

Wet- en regelgeving

Het belang van een gunstig wet- en regelgevend kader, het identificeren en wegwerken van wetgevende hinderpalen, is cruciaal om de grootschalige marktuitrol van waterstoftechnologie-toepassingen mogelijk te maken. Wet- en regelgevende aspecten bepalen immers in belangrijke mate de business cases voor toekomstige investeerders. Dit wettelijk kader wordt grotendeels op het Europese niveau vormgegeven. Maar daarnaast is er natuurlijk de belangrijke omzetting van Europese regelgeving in Belgisch en Vlaams beleid.

Het belang van standaarden evenals het belang van realistische en duidelijke procedures om de compliance van technologieën, producten met bepaalde standaarden te verifiëren is eveneens van groot belang. De kaders voor standaardisatie worden grotendeels Europees en internationaal bepaald.

Aangezien de wet- en regelgevende aspecten opgevolgd worden door het beleidsdomein Energie is wederom een goede afstemming EWI-Energie uiterst belangrijk. En dit niet alleen op het Vlaamse niveau maar ook op het federale, gezien de bevoegdheden zowel op regionaal als nationaal vlak liggen.

Op het federale niveau (FOD economie) is er in juni 2018 een werkgroep “Waterstof & energieopslag” opgericht in de schoot van Enover/Concre overleg. Deze overleggroep heeft tot doel een gestructureerd overleg en informatieuitwisseling tot stand te brengen tussen alle betrokken entiteiten op BE niveau en zal o.m. focussen op

- Coördinatie van het Belgisch beleid & positiebepaling inzake waterstof, gezien de verspreide bevoegdheden binnen België;
- Opvolgen van de ontwikkelingen met betrekking tot waterstof binnen de vier entiteiten & uitwisseling van informatie;
- Opvolgen van de buitenlandse ontwikkelingen en identificeren van samenwerkingsmogelijkheden.

In opdracht van de AD Energie van de FOD Economie, wordt er momenteel een **juridische analyse** uitgevoerd met betrekking tot **de bevoegdheidsverdeling** tussen de federale staat en de gewesten inzake “waterstof & hernieuwbaar gas”.

In de Enover-werkgroep is Vlaanderen vertegenwoordigd door department Omgeving. Departement EWI wordt ook uitgenodigd omwille van relevantie van onderzoek en innovatie.

De FOD Economie vertegenwoordigt België ook in de recent opgerichte EU-werkgroep Hydrogen Energy Network HyENet) met onder meer focus op het EU regulatory framework. HyENet focust meer bepaald op

- Paths and solutions allowing hydrogen to play a growing role as a decarbonised energy carrier.

- Use of hydrogen for large-scale energy storage (for example as admixtures to the gas grid) and for supporting decarbonisation of other economic sectors (e.g. transport, industry), thus enabling sectoral integration and sector coupling.
- Opportunities offered by the results of the research activities undertaken by Member States, industry and the Commission (in particular through the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking).

Ook WaterstofNet neemt in deze een belangrijke rol op en verdedigt de bezorgdheden van Vlaamse ondernemingen op dit vlak in Europese fora (zoals de FCH JU) en in Europese projecten (zoals deelname WaterstofNet in het Europese HyLaw project, afgerond eind 2017).

4. OVERZICHT EXPERTISE IN VLAANDEREN WATERSTOF INDUSTRIE CLUSTER

Company	Hydrogen value chain	Expertise
Aertssen/Terranova Solar	Production H2	Project development production green H2 from wind and solar energy in Zelzate
	H2 applications	Project development of green hydrogen consumption on Terranova site (fuelling station and transfer vessel)
Agfa	H2 technology	Production of membranes for alkaline electrolyzers
Air Liquide	Production H2	Production H2 as feedstock for industry by SMR Research on CCS/CCU for transition fossil to low carbon H2 Project development production green H2 by electrolysis
	Transport, storage & distribution	Owner and manager of over 900 km of private hydrogen pipelines in the Benelux (fossil and blue hydrogen) Fleet of tube trailers for transport of H2 under pressure Expertise in storage and dispensing techniques
	H2 technology	Supplier of H2 as feedstock for industry and as energy carrier Co-owner of Hydrogenics
	H2 applications	Constructor, owner and manager of public hydrogen fuelling station in Zaventem
Anglo Belgian Corporation	H2 technology	Development and production of H2 and Methanol combustion engines for marine, locomotive and powerplant applications
Aspiravi	Production H2	Evaluates future options for production of green hydrogen from wind energy
Atlas Copco	H2 technology	Development and production of H2 compressors
Ballast Nedam Industriebouw	Production H2	Business development of constructing hydrogen production plants
	H2 applications	Contractor of public hydrogen fuelling station in Helmond
	Endusers	Research on the applications of H2 in the build environment
BeHydro	H2 technology	Research, development and production of H2 combustion engines for marine applications, locomotives and gensets as a joint venture of CMB and Anglo Belgian Corporation
Berkman	H2 applications	Project development and realisation of H2 fuelling stations
Blue Gate Antwerp	Transport, storage & distribution	Feasibility study on construction of H2 hub for storage, transport and distribution on business park Petroleum South (Antwerpen)
Borit	H2 technology	Development and production of metal bipolar plates for fuel cells and electrolyzers
CMB	H2 technology	Development of H2 combustion engines for marine applications
	H2 applications	Development of vessels on H2 (passenger ferry, tug, crew transport vessel) Development of a Maritime Campus in Antwerp Realisation of inland vessel, oil cleaning vessel, ferry, locomotive and gen set on H2 Development of H2 fuelling station for maritime and public use
	Endusers	H2 for current and future H2 fleet
Colruyt group	Production H2	Production green H2 by wind and solar energy at distribution center in Halle Project development of conversion of renewable wind energy to green H2 in Port of Zeebrugge
	H2 applications	Constructor, owner and manager of public hydrogen fuelling station in Halle Logistical fleet of 75 fork-lift trucks and pallet transporters on hydrogen Fleet of 20 passenger vehicles on hydrogen Demonstration of a 40 ton truck on hydrogen
	Endusers	Fleet of 75 forklifts Fleet of 20 company cars on hydrogen
De Vlaamse Waterweg	H2 applications	Project development conversion (part of) own fleet to hydrogen propulsion
	System integrator	Development of alternative energy infrastructure along the waterway network
	Endusers	Facilitating future use of H2 in inland navigation fleet
Delhaize	Endusers	Evaluates future use of hydrogen for transport and logistics
DEME	Production H2	Project development production green H2 from wind and solar energy in Zelzate (Terranova Solar) Project development production green H2 from offshore wind energy in Oostende Project development production green H2 from onshore and offshore wind energy and from solar energy in Antwerpen
	Transport, storage & distribution	Study on possibilities of green hydrogen import (H2 import coalition)
	H2 applications	Development of H2 bunkerstation for vessels in Antwerp

Denys	Transport, storage & distribution	Expertise in hydrogen pipeline construction
E. Van Wingen	H2 technology	Development and production of H2 combustion engines in gensets and CHP, for buildings, industrial applications and electric marine applications
Eneco	Production H2	Evaluating future production of green H2 from wind energy
Engie	Production H2	Project development of production green H2 for different endusers (mobility, industry) and in different forms (H2, e-methanol, e-methane)
	Transport, storage & distribution	Study on possibilities of green hydrogen import (H2 import coalition)
	H2 technology	Research on hydrogen production (Laborelec and Crigen)
	H2 applications	Project development for construction and operation of H2 fuelling stations
E-Trucks Europe	H2 applications	Development and production of H2 (garbage) trucks
Farys	Endusers	Evaluates future possibilities for H2 in their business operations
Fluvius	Transport, storage & distribution	Evaluates future injection of H2 into the natural gas distribution network
Fluxys	Production H2	Project development infrastructure part of conversion renewable wind energy to green H2 in Port of Zeebrugge (HyoffWind)
	Transport, storage & distribution	Research on injection H2 into the open access natural gas grid network Study on possibilities of green hydrogen import (H2 import coalition) Part of Green Octopus project (H2 backbone) Research on H2 storage possibilities in open access underground gas storage Loenhout (seasonal storage)
	System integrator	Facilitator of transition towards climate neutral energy system Production Registrar Green Hydrogen: auditing, metering and calculation pre-guarantee of origin
Gascomponenten	H2 technology	Research on converting from gas component supply chain to hydrogen
Hydrogenics	Production H2	Production of electrolysers (alkaline and PEM)
	H2 technology	Production of PEM Fuel Cells Production of SOFC Fuel cells Hydrogen and Fuel Cell powertrain solutions for vehicle applications Stationary FC systems
	H2 applications	Expertise in H2 fuelling stations
	H2 applications	Expertise in H2 passenger vehicles
Hyundai	Endusers	Supplier of H2 passenger vehicles and trucks
Infrabel	Endusers	Evaluates future use of H2 in working trains or production of H2 based on over-capacity in their electricity network
University of Leuven Centre for Surface Chemistry and Catalysis	H2 technology	Development of solar hydrogen panels
	H2 applications	Implementation of solar hydrogen panels in industrial and residential applications via a spin off
Kuwait Petroleum Belgium Kuwait Petroleum Research and Technology	Transport, storage & distribution	Study on possibilities of green hydrogen import
	H2 applications	Evaluates future investments in HRS
	Endusers	Evaluates future use of H2 in refineries
Luminus	Production H2	Project development for production of green hydrogen from wind energy in Zelzate
	H2 applications	Project development for construction and managing H2 fuelling stations
Nedstack	H2 technology	Development and production of a fuel cell stack portfolio Development and production of fuel cell power systems
	H2 applications	Application support for Industry, Maritime, Built Environment and Commercial Vehicle markets
Nike	Production H2	Evaluate future production of green H2 from solar, wind and hydro-energy
	Transport, storage & distribution	Evaluate future storage and local distribution of green H2
	Endusers	Evaluate future use of green hydrogen for transport and energy storage

Nippon Gases	Production H2	Project development production green H2 from wind and solar energy in Zelzate
	Transport, storage & distribution	Transfilling H2 from tube trailers to tubes and packages of different types
	H2 technology	Improvement of H2 purity to higher purities
	H2 applications	Research into innovative tube trailers and certification
OCAS	H2 technology	<p>Research on interaction of H2 with metals</p> <p>Mechanical testing and modelling of metals and component parts with H2</p> <p>Research on H2 embrittlement and advice on metal degradation, corrosion and coatings regarding H2</p> <p>Application oriented reserarch (pipeline network, gas storage, cryogenic freezing, elektrolyser bipolar plates, H2 autoclave, ...)</p>
Oiltanking	Transport, storage & distribution	Storage and transport of gases and chemicals.
Plastic Omnium	H2 technology	<p>Research on fuel cells</p> <p>Manufacturing, testing and certifying H2 pressure vessels for vehicles</p>
PMV	System integrator	Looking for investment opportunities in the hydrogen economy (venture capital, project financing, government aid, ...)
Polders Investeringsfonds	Production H2	Evaluating future production of green H2 from wind energy
	H2 applications	Project development of an agricultural application on H2
POM Limburg	System integrator	Looking into hydrogen opportunities for the province of Limburg
POM West-Vlaanderen	System integrator	Looking into hydrogen opportunities for the province of West-Vlaanderen
Port of Antwerp	Transport, storage & distribution	Study on possibilities of green hydrogen import (H2 import coalition)
	H2 applications	Development and construction of dual fuel tug boat
	System integrator	<p>Project development multifuel port</p> <p>Project development power-to-methanol</p>
Port of Zeebrugge	Transport, storage & distribution	Study on possibilities of green hydrogen import (H2 import coalition)
	System integrator	Facilitator of transition towards climate neutral port activities
Remeha	H2 applications	Development and construction of H2 boiler for residential and commercial applications.
Renewi	Endusers	Research on possibilities for hydrogen as fuel for garbage trucks
Shipit	Endusers	Evaluating H2 for inland container barges.
Siemens Energy GmbH	H2 technology	Project and business development within power-to-gas and hydrogen solutions with own production of electrolysers
Solenco Power	H2 technology	Development, production and upscaling of the 'Solenco Power Box' as an H2 based energy storage system, H2 generation and conversion for residential applications
Storm Management	Production H2	Evaluating future production of green H2 from wind energy
SUEZ ReEnergy	Production H2	Evaluating the future production of green H2 from waste energy
	Endusers	Evaluating possibilities for hydrogen as fuel for garbage trucks
Tessenderlo Group	Production H2	Project development sustainable use of hydrogen as byproduct
Total Gas Mobility	H2 technology	Development and production of (parts of) H2 fuelling stations
	H2 applications	Constructor and operator of H2 fuelling stations
Toyota Motor Europe	H2 applications	<p>Integration of fuel cells in different applications</p> <p>Research into hydrogen solar panels</p> <p>Expertise in H2 passenger vehicles</p>
	Endusers	Supplier of H2 passenger vehicles
Tractebel	Production H2	Research on production green H2 from off shore wind energy

	System integrator	Project development & coordination of hydrogen application projects.
Umicore	H2 technology	Expertise in material development for catalysis Development and production of catalysts with precious metals for fuel cells Research and development on PGM and non-PGM based catalysts for electrolyzers
Van Hool	H2 technology	Development and engineering of new types of hydrogen buses (e.g. articulated bus or coaches)
	H2 applications	Production and after sale service of hydrogen buses
VDL	H2 technology	Expertise in integration of H2 systems in trucks, buses and as gen set
	H2 applications	Production and after sale service of different kinds of hydrogen buses Development of hydrogen trucks
Von Karman Institute for Fluid Dynamics	H2 technology	Background expertise on cryogenic propellant (LH2) management in space applications (launchers) R&D on hydrogen with experimental testing and numerical CFD simulation: - flow metering - heat transfer, boil-off and insulation for energy storage and transportation - detrimental effects in piping (hammering, cavitation...) during transportation and distribution - safety and leakage - high pressure compression techniques - efficiency with densified cryogenic fluids (so-called slush): LH2, LCH4 and LNG

5. UITTREKSEL EXPERTISE FRIS



Onderzoek over waterstof in Vlaanderen

Analyse op basis van FRIS (2015 – 2020)

02/07/2020

Pascale Dengis, team FRIS, EWI

1

Situering

- ▶ In het kader van de IPCEI-oproep voor waterstof (<https://www.vlaio.be/nl/nieuws/oproep-belangrijk-europees-waterstofproject-ipcei>), voert VARIO een verkenningsoefening rond waardeketens. Een rapport is besproken op de Raad. Graag wil men het luik Onderzoek nog wat verder uitdiepen.
- ▶ VARIO doet hiervoor graag beroep op FRIS om in kaart te helpen brengen:
 - Welke onderzoeksgroepen betrokken zijn bij onderzoek mbt waterstof
 - Om welke specialisatie domeinen het gaat (pure medische wetenschappen mag worden uitgesloten)
 - Welke onderzoeksbudgetten hiermee gepaard gaan
- ▶ Het team FRIS van het dept. EWI heeft dit in kaart gebracht op basis van de informatie in FRIS zoals aanwezig was op 4 juni 2020

2

methodologie

- ▶ **Data zoals beschikbaar in FRIS op 04/06/2020**
- ▶ **Gezocht met volgende zoektermen:** “waterstof OF hydrogen” in combinatie met “fuel OF brandstof OF producti* OF power OF material OF materiaal OF storage OF opslag OF mobiliteit* OF transport OF electrolysis*”
- ▶ **Bij Onderzoeksgroepen:**
Gezocht in naam, disciplines, onderzoeksactiviteit
- ▶ **Bij Projecten:**
Gezocht in titels, abstracts, acronyms, keywords en disciplines.
Startjaar: 2015-2020
Hierna werden die projecten uit de selectie verwijderd die enkel thuis hoorden in de discipline “Medische en Gezondheidswetenschappen”
- ▶ **Bij Publicaties:**
Gezocht in titels, abstracts, keywords of disciplines.
Publicatiejaar: 2015-2020

3

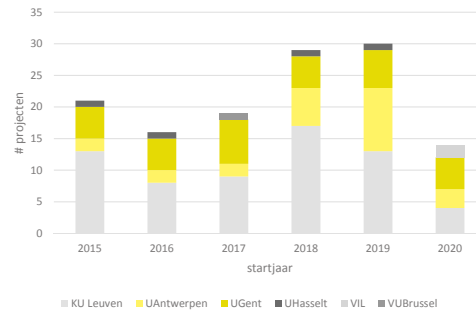
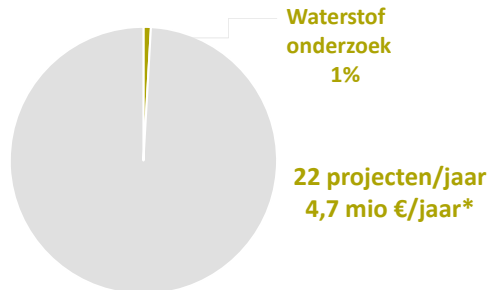
methodologie

- ▶ De zoekopdracht leverde:
- ▶ **129 projecten** op bij de universiteiten (127) en VIL (2)
- ▶ **799 publicaties** op bij de universiteiten (793), ILVO (6), ITG (1)
- ▶ Deze selectie bevat ruis dwz onderzoek dat wel de betreffende zoektermen bevat, maar geen betrekking heeft op onderzoek betreffende waterstof in de zin van beschreven door IPCEI : “gebaseerd op de conceptie en de productie in de Europese Unie (EU) van energieoplossingen op basis van waterstof”
- ▶ Bepaalde stakeholders die relevant kunnen zijn mbt dit onderzoek ontbreken in FRIS (bv. VITO, de industrie...)
- ▶ Spelers zoals VIL leveren aan FRIS enkel die projecten aan die worden gefinancierd door VLAIO. De rest van hun onderzoeksportfolio ontbreekt in FRIS.
- ▶ Budgetten zijn onderschat (omdat niet elk project budgetten heeft (oa sommige mandaten en onderzoek op eigen werkingsmiddelen)). Anderzijds is er mogelijk een overschatting van projecten die niet helemaal binnen de doelstellingen van IPCEI vallen.

4

Waterstof onderzoek in Vlaanderen – FRIS data

3.109 mio € in 2015 - 2020



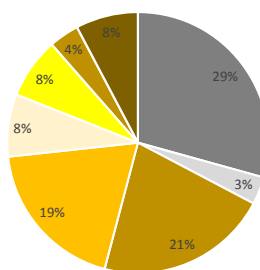
Ongeveer 0,7% van het onderzoek aan de Vlaamse universiteiten (en VIL) heeft betrekking op waterstof. Het gaat om gemiddeld 22 projecten en 4,7 miljoen euro per jaar.

DEPARTMENT OF
ECONOMY, SCIENCE & INNOVATION

Flanders
State of the Art

5

Budgetten voor waterstof onderzoek aan de Vlaamse universiteiten (gebaseerd op FRIS data)

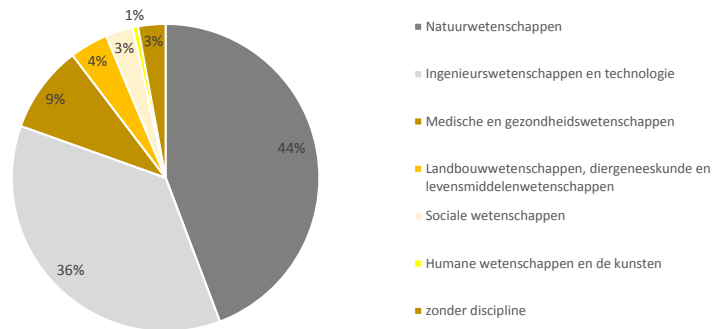


■ Europees ■ Federaal ■ FWO ■ BOF ■ VLAIO/IWT ■ Eigen Middelen uniefs ■ IOF ■ Vlaams andere

Middelen voor waterstof onderzoek aan de Vlaamse universiteiten komen vooral vanuit Vlaanderen (2/3) en het Europese niveau (30%). Ongeveer 3% van de middelen komen van het federale niveau. Binnen de Vlaamse middelen zijn vooral de instrumenten voor grensverleggend onderzoek BOF en FWO (40% van het totale budget) aangesproken. Instrumenten voor meer toepassingsgericht onderzoek (VLAIO/IWT, IOF, andere) zijn goed voor 20% van het budget. 8% tot slot komt van de universiteiten zelf.

6

Wetenschapsdisciplines bij waterstof onderzoek (o.b.v. projectaantal)



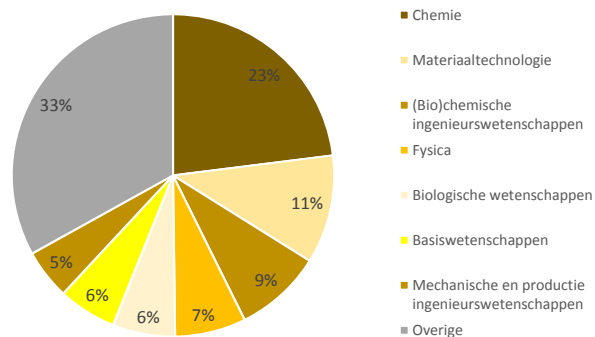
Waterstof onderzoek in Vlaanderen situeert zich in hoofdzaak in de natuurwetenschappen (44%) en de Ingenieurswetenschappen en technologie.

DEPARTMENT OF
ECONOMY, SCIENCE & INNOVATION

Flanders
State of the Art

7

Wetenschapssubdisciplines bij waterstof onderzoek (o.b.v. projectaantal)



Bekijken we de disciplines meer in detail dan zien we dat waterstof onderzoek in Vlaanderen zich in hoofdzaak situeert in de subdomeinen van Chemie (23%), Materiaaltechnologie (11%) en de (Bio)chemische ingenieurswetenschappen.

DEPARTMENT OF
ECONOMY, SCIENCE & INNOVATION

Flanders
State of the Art

8

Topics van het onderzoek adhv woordenwolken

- ▶ Voor de 3 meest voorkomende subdisciplines:

- Chemie
- Materiaaltechnologie
- (Bio)medische ingenieurswetenschappen

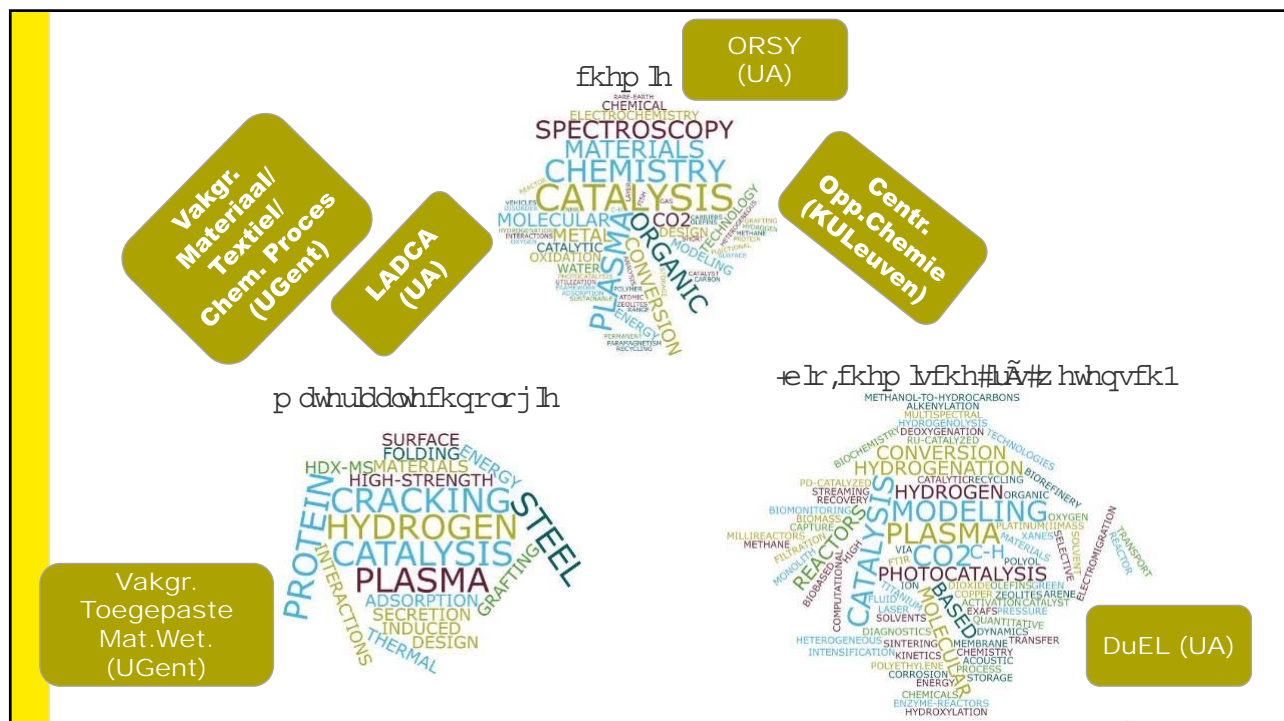
werden de keywords van de projecten samengevoegd in een wordcloud (enkel keywords die minstens 2x voorkwamen werden in de wordcloud opgenomen).

- ▶ De belangrijkste onderzoeksgroepen (minstens 3 projecten) werden getoond bij de disciplines waar ze voorkwamen.

DEPARTMENT OF
ECONOMY, SCIENCE & INNOVATION

Flanders
State of the Art

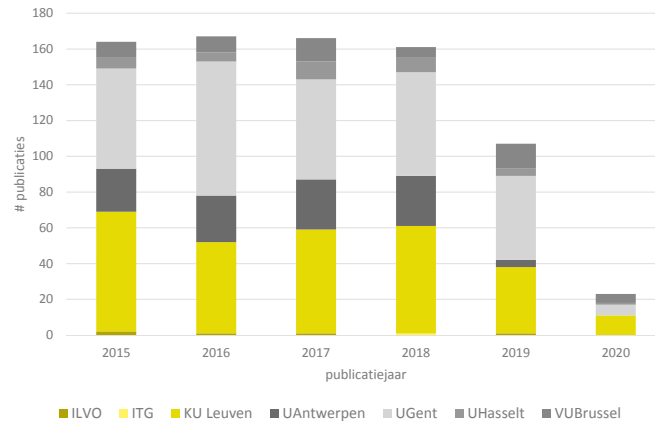
9



10

Waterstof onderzoek in publicaties – FRIS data

160 publicaties/jaar



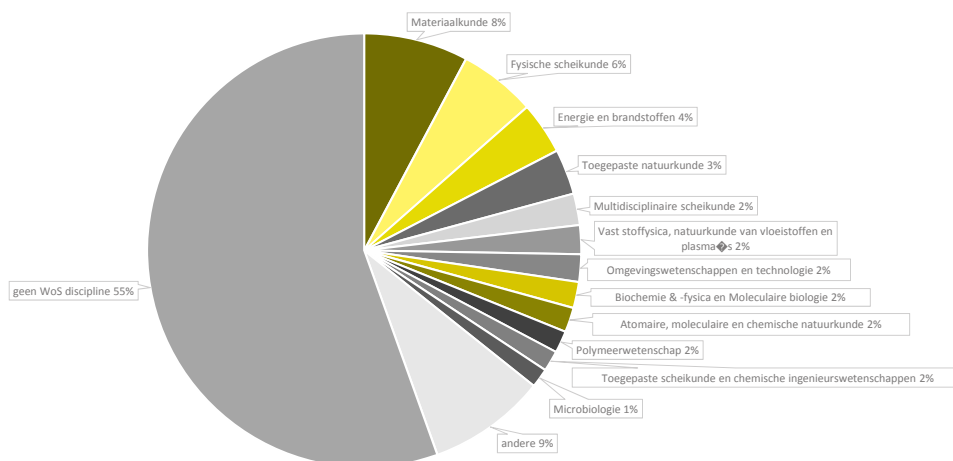
Er verschijnen jaarlijks ongeveer 160 publicaties over waterstofonderzoek aan de Vlaamse universiteiten, ILVO en ITG. Het zijn bijna uitsluitend tijdschriftpublicaties, minder boek(hoofdstuk)en.

DEPARTMENT OF
ECONOMY, SCIENCE & INNOVATION

Flanders
State of the Art

11

Publicatiedisciplines – volgens Web of Science



Van de publicaties die in tijdschriften van Web of Science worden gepubliceerd (45% van het totaal) situeren de meeste zich in de disciplines materiaalkunde, fysische scheikunde, energie en brandstoffen en toegepaste natuurkunde.

12

Onderzoeksgroepen in detail

- ▶ In wat volgt worden een aantal onderzoeksgroepen meer in detail bekeken. Hierbij werden niet alle gevonden onderzoeksgroepen bekeken maar werden de meest relevante geselecteerd volgens een aantal criteria:
- ▶ **Onderzoeksgroepen met een zoekhit in de informatie van de onderzoeksgroep zelf:**
 - de zoekopdracht leverde 6 onderzoeksgroepen op waarvan er 4 werden weerhouden (2 waren in medische sector en die werden uitgesloten)
- ▶ **Onderzoeksgroepen met een zoekhit in de informatie van de projecten:**
 - de zoekopdracht leverde 81 onderzoeksgroepen op
 - onderzoeksgroepen met minstens 4 projecten werden weerhouden: 10
- ▶ **Onderzoeksgroepen met een zoekhit in de informatie van de publicaties:**
 - de zoekopdracht leverde 306 onderzoeksgroepen op
 - onderzoeksgroepen met minstens 20 publicaties werden weerhouden: 13
- ▶ **De onderzoeksgroepen werden samengebracht, en dat leverde 24 unieke onderzoeksgroepen op**
 - Hierna worden ze getoond
 - Vervolgens werd voor elk van deze groepen een detailfiche opgemaakt
- ▶ **Er werd bijkomend een detailfiche opgemaakt voor een paar andere interessante groepen oa VIL**

DEPARTMENT OF
ECONOMY, SCIENCE & INNOVATION



13

Onderzoeksgroepen met meeste zoekhits op waterstof

Onderzoeksgroep	Instelling	Verantwoordelijke	# organisatie	# Projecten	# Publicaties
Afdeling Moleculair Design en Synthese	KU Leuven	Erik Van der Eycken		5	
Afdeling Procestechnologie voor Duurzame Systemen	KU Leuven	Thomas Van Gerven		5	
Afdeling: Centrum voor Oppervlaktechemie en Katalyse	KU Leuven	Bert Sels, Dirk De Vos, Johan Martens		22	40
Centrum Nucleaire Techniek	KU Leuven	William D'haeseleer	1		
Duurzame Energie- en Lucht- en Watertechnologie (DuEL)	UAntwerpen	Silvia Lenaerts	1	7	2
Electrochemische en Oppervlakte Engineering	VU Brussel	Annick Hubin			20
Elektromechanica, Systeem- en Metaalengineering	UGent			4	15
Elektronenmicroscopie voor materiaalonderzoek (EMAT)	UAntwerpen	Sara Bals		1	34
Faculteit Ingenieurswetenschappen	VU Brussel			1	22
Functionele Materialen	KU Leuven	Jan Franssaer		2	22
Instituut voor Materiaalonderzoek	UHasselt	Dirk VANDERZANDE			22
Laboratorium adsorptie en katalyse (LADCA)	UAntwerpen	Pegie Cool		5	8
Laboratorium Moleculaire Bacteriologie (Rega Instituut)	KU Leuven	Anastassios Economou		4	
Leuvens Centrum Chemie, Katalyse en Chemische Technologie	KU Leuven	Dirk De Vos	1		
Materialen & chemie	VU Brussel				21
Organische synthese (ORSY)	UAntwerpen	Bert Maes		4	3
Plasma, Laser Ablatie en Oppervlakte-modellering (PLASMANT)	UAntwerpen	Annemie Bogaerts		5	
Toegepaste Elektrochemie & Katalyse (ELCAT)	UAntwerpen	Tom Breugelmans	1	2	5
Vakgroep Biotechnologie	UGent	Godolieve Gheysen		3	41
Vakgroep Chemie	UGent	Patrick Bultinck		1	48
Vakgroep Groene Chemie en Technologie	UGent	Paul Van der Meeren		1	21
Vakgroep Materialen, Textiel en Chemische Proceskunde	UGent	Paul Kiekens		15	80
Vakgroep Vastestofwetenschappen	UGent	Freddy Callens		1	29
Wetenschappen	UHasselt				31


14

KU LEUVEN		Afdeling: Centrum voor Oppervlaktechemie en Katalyse	
		(Bert Sels, Dirk De Vos, Johan Martens)	
# objecten met zoekhit:		Disciplines: Oppervlakte- en grenslaagchemie	
Onderzoeksgroep	0	Trefwoorden: Surface Chemistry	
Projecten	22		
Publicaties	40		
Onderzoekstopics van deze eenheid zijn:			
<p>Duurzame en Schone Chemie Hernieuwbare Grondstoffen voor de Productie van Chemicaliën en Energie</p> <p>Supercritical Solvents Katalyse: Heterogeen Immobilisering van homogene katalyse en biokatalyse</p> <p>Synthese van katalysatoren (Layered Double Hydroxides, Zeolites, Mixed Oxides, Carbon Nanotubes)</p> <p>Oppervlakte Analyse: Spectroscopie en Microscopie Real Time</p> <p>Karakterisering en Filmen van Oppervlakte Processen</p> <p>Karakterisering van Carbon Nanotubes High-throughput synthese, testprotocols en analyse Combinatorische</p> <p>Katalyse Atmospheric Plasma: Behandelingen van Oppervlakken en nanodeeltjes synthese</p>			
Enkele projecten en/of publicaties:			
<p>Ontwerp van Pd-katalysatoren voor C-H activatie en Rukatalysatoren voor C-O hydrogenatie: van metaalcomplex identificatie door operando X-stralen absorptiespectroscopie naar multitechniek karakterisatie op basis van machine learning (01/01/20-31/12/22)</p> <p>Chemokatalytische recyclage van polyethyleen en polyvinylchloride met colloïdale metaanopartikels en homogene katalysatoren (01/10/19-01/10/23)</p> <p>Geïntegreerde Bioraffinage voor CO₂ Capatie en Utilisatie. (01/10/19-30/09/23)</p> <p>Rationeel ontwerp van TMI actieve sites in zeolieten voor redox katalyse (01/10/19-30/09/20)</p> <p>Water gedwongen in hydrofobe nano-insluiting: instelbaar oplosmiddelsysteem (01/09/19-31/08/24)</p> <p>Waterstof, een duurzame brandstof uit licht en licht (01/01/19-31/12/20)</p> <p>Organische elektrochemische strategieën voor C-H-activering (16/10/18-16/10/22)</p> <p>Innovatieve katalytische materialen voor de hydrogenatie en hydrogenolyse van 2° en 3° amides (01/10/18-23/09/19)</p> <p>Vloeistoffase katalyse voor de selectieve hydrogenatie van (biogebaseerde) polyolen naar lineaire olefinen (01/10/18-30/09/20)</p> <p>Omzetting van lignine in basicchemicaliën (21/09/18-21/09/22)</p>		<p>ZEolieten voor de omzetting van CO₂ in brandstoffen en chemicaliën (01/05/18-30/04/20)</p> <p>CATCO₂RE: Katalytische Reductie van CO₂ naar Zonnebrandstoffen en Chemische Bouwstenen. (01/01/18-31/12/21)</p> <p>Geavanceerde vaste stof NMR methodes voor de studie van paramagnetische katalytische materialen en materialen met wanorde op kleine lengteschalen (01/01/18-31/12/21)</p> <p>Geavanceerde vaste stof NMR methodes voor de studie van paramagnetische katalytische materialen en materialen met wanorde op kleine lengteschalen. (01/01/18-31/12/21)</p> <p>Productie van enantiopure amines en non-natuurlijke aminozuren via dynamische kinetische resolutie (01/10/17-01/10/21)</p> <p>Synthese en spectroscopische studie van laag-gecoördineerde, katalytisch actieve Fe(II) sites in pure silica zeolieten (21/09/17-30/09/21)</p> <p>Fotokatalytische oxidatie van koolstofmaterialen (18/09/17-18/09/21)</p> <p>Elektrokatalysatoren en polymeerlagen voor zongedreven watersplitsing in de dampfase. Een onderzoek met behulp van elektrochemische impedantiespectroscopie en nucleaire magnetische resonantiespectroscopie (01/10/16-30/09/20)</p>	


15

KU LEUVEN		Afdeling: Centrum voor Oppervlaktechemie en Katalyse	
		(Bert Sels, Dirk De Vos, Johan Martens)	
Enkele projecten en/of publicaties:			
<p>800 MHz vaste kern nucleaire magnetische resonantie (NMR) spectrometer voor materialen en voedingswetenschappen (15/07/16-31/12/20)</p> <p>De fascinerende oxidatiechemie van ijzer: van actieve site tot katalyse. (01/01/16-31/12/19)</p> <p>Regioselectieve C-H hydroxylatie met behulp van Pt(II) en moleculaire zuurstof (01/10/15-07/05/20)</p> <p>Valorisatie van eiwitrijke afvalstromen via partiele hydrolyse en katalytische hydrogenatie voor inbouw in polymeren. (01/01/15-27/09/19)</p> <p>Electrochemical Determination of Porosity and Surface Area of Thin Films of Interconnected Nickel Nanowires (2019)</p> <p>Elemental Depth Profiling of Chlorinated Polyamide-Based Thin-Film Composite Membranes with Elastic Recoil Detection (2019)</p> <p>Full elemental depth-profiling with nanoscale resolution: The potential of Elastic Recoil Detection (ERD) in membrane science (2019)</p> <p>Application of a thermostable Baeyer-Villiger monooxygenase for the synthesis of branched polyester precursors (2018)</p> <p>Catalytic Reductive Aminolysis of Reducing Sugars: Elucidation of Reaction Mechanism (2018)</p> <p>Combining High Porosity with High Surface Area in Flexible Interconnected Nanowire Meshes for Hydrogen Generation and Beyond (2018)</p> <p>Design of Mg-Cu alloys for fast hydrogen production, and its application to PEM fuel cell (2018)</p> <p>Promising bulk production of a potentially benign bisphenol A replacement from a hardwood lignin platform (2018)</p> <p>Reversible and Site-Dependent Proton-Transfer in Zeolites Uncovered at the Single-Molecule Level (2018)</p> <p>Toward Upscaled Biocatalytic Preparation of Lactone Building Blocks for Polymer Applications (2018)</p> <p>Adsorption and Reactive Desorption on Metal-Organic Frameworks: A Direct Strategy for Lactic Acid Recovery (2017)</p> <p>Adsorption and Separation of Aromatic Amino Acids from Aqueous (2017)</p> <p>Direct Conversion of Methane to Methanol under Mild Conditions over Cu-Zeolites and beyond (2017)</p> <p>Harvesting Hydrogen Gas from Air Pollutants with an Unbiased Gas Phase Photoelectrochemical Cell (2017)</p> <p>Integrating lignin valorization and bio-ethanol production: on the role of Ni-Al₂O₃ catalyst pellets during lignin-first fractionation (2017)</p> <p>Low-cost, pseudo-Halbach dipole magnets for NMR (2017)</p> <p>Ru-catalyzed hydrogenation-decarbonylation of amino acids to biobased primary amines (2017)</p> <p>Superconducting Ferromagnetic Nanodiamond (2017)</p> <p>The Chemical Route to a Carbon Dioxide Neutral World (2017)</p> <p>Transformation of cross-linked polyimide UF membranes into highly permeable SRNF membranes via solvent annealing (2017)</p> <p>Vapor-fed solar hydrogen production exceeding 15% efficiency using earth abundant catalysts and anion exchange membrane (2017)</p> <p>Advances in the Conversion of Short-Chain Carbohydrates: A Mechanistic Insight (2016)</p> <p>An inner/outer-sphere stabilized Sn active site in Beta zeolite: spectroscopic evidence and kinetic consequences (2016)</p>		<p>Chemoselective reduction of alpha,beta-unsaturated carbonyl compounds with UiO-66 materials (2016)</p> <p>Compositional and structural feedstock requirements of a liquid phase cellulose-to-naphtha process in a carbon- and hydrogen-neutral biorefinery context (2016)</p> <p>Heterogeneous conjugation of vegetable oil with alkaline treated highly dispersed Ru/USY catalysts (2016)</p> <p>Immobilized Grubbs catalysts on mesoporous materials: New insights into support characteristics and their impact on catalytic activity and product selectivity (2016)</p> <p>1,2,4-Triazolium perfluorobutanesulfonate as an archetypal pure protic organic ionic plastic crystal electrolyte for all-solid-state fuel cells (2015)</p> <p>A new one-dimensional coordination polymer of 5-(1,3-dioxo-4,5,6,7-tetraphenylisindolin-2-yl)isophthalic acid with manganese (2015)</p> <p>Conceptual Frame Rationalizing the Self-Stabilization of H-USY Zeolites in Hot Liquid Water (2015)</p> <p>Dual Role of Hydrogen in Low Temperature Plasma Enhanced Carbon Nanotube Growth (2015)</p> <p>Experimental Study of Adsorptive Interactions of Polar and Nonpolar Adsorbates in the Zeolitic Imidazolate Framework ZIF-68 via Pulse Gas Chromatography (2015)</p> <p>First examples of aliphatic zirconium MOFs and the influence of inorganic anions on their crystal structures (2015)</p> <p>N-doped ordered mesoporous carbons prepared by a two-step nanocasting strategy as highly active and selective electrocatalysts for the reduction of O₂ to H₂O₂ (2015)</p> <p>Partitioning of organic matter in Boom Clay: Leachable vs mobile organic matter (2015)</p> <p>Reductive lignocellulose fractionation into soluble lignin-derived phenolic monomers and dimers and processable carbohydrate pulps (2015)</p> <p>Selective Nickel-catalyzed conversion of model and lignin-derived phenolic compounds to cyclohexanone-based polymer building blocks (2015)</p> <p>Submicrometer-Sized ZIF-71 Filled Organophilic Membranes for Improved Bioethanol Recovery: Mechanistic In-Sights by Monte Carlo Simulation and FTIR Spectroscopy (2015)</p> <p>Ternary Ag/MgO-SiO₂ Catalysts for the Conversion of Ethanol into Butadiene (2015)</p> <p>Tuning the lignin oil OH-content with Ru and Pd catalysts during lignin hydrogenolysis on birch wood (2015)</p>	

16

		<h2>Duurzame Energie- en Lucht- en Watertechnologie (DuEL)</h2>
		Silvia Lenaerts
# objecten met zoekhit:		Disciplines: Fysicochemie - Milieuchemie - Oppervlakte- en grenslaagchemie
Onderzoeksgroep	1	Trefwoorden: AIR POLLUTION, FIJNE FRACTIE, FOTOKATALYSE, GAS PURIFICATION, GASZUIVERING, HALFGELEIDER KERAMISCH SCHUIM, HYDROGEN BOND, LUCHTVERVUILING, NOX, PARTICULATE MATTER, PHOTOCATALYSIS, SEMICONDUCTOR CERAMIC FOAM, WATERSTOFBINDING
Projecten	7	
Publicaties	2	
<p>Dit onderzoek richt zich op de fotokatalytische verwijdering van polluenten uit procesgassen, binnenhuis- en omgevingslucht. Het onderzoek focust op drie groepen van polluenten. De eerste topic betreft de verwijdering van organische componenten uit procesgassen. Verschillende modelverbindingen worden getest in droge en bevochtigde synthetische lucht. Met behulp van vaste fase en gasfase FT-IR spectroscopie, GC/FID en sensoren wordt het fotokatalyse proces bestudeerd. Het doel van dit project is een fundamenteel werkingsmodel opstellen en de optimale procescondities bepalen voor deze specifieke toepassing. De tweede focus ligt op de simultane verwijdering van NOx, VOCs en fijn stof uit synthetische lucht en reële uitlaatgassen met behulp van TiO2 pellets, filmen en schuimen. Fotokatalytische keramische schuimen worden ontwikkeld en geanalyseerd op basis van hun capaciteit om combinaties van polluenten te verwijderen. Fijn stof en NOx zijn bijvoorbeeld de belangrijkste polluenten in de uitlaatgassen van dieselmotoren, waardoor een simultane verwijdering interessant is. Een andere studie handelt over de combinatie van NOx en VOCs wat de voornaamste precursoren zijn voor ozonvorming. Dit onderzoek zal leiden tot realistische, economische en ecologisch verantwoorde luchtzuiveringsprocessen. Het derde aspect betreft binnenhuisgassen zoals formaldehyde en etheen. Om meer kennis te bekomen over de afbraakmechanismen worden parameters onderzocht zoals de optimale belichtingsmode, contacttijd, flowsnelheid, hoeveelheid en vorm van de katalysator. De studie, het ontwerp en de ontwikkeling van fotokatalytische reactoren is een belangrijk onderdeel van ons onderzoek. Om de cirkel te sluiten, wordt de gezuiverde uitlaat van de fotokatalytische reactor behandeld met behulp van een algengioreactor. Dit levert als eindresultaat waardevolle producten zoals biomassa, lipiden, aminozuren.</p>		
<p>Enkele projecten en/of publicaties:</p> <p>Geëlektrificeerde chemische reactor voor snelle vrijzetting van waterstof uit vloeibare organische waterstof dragers (LOHC) voor een generator set. (01/05/20-30/04/21)</p> <p>Stromingsleer-geassisteerd ontwerp van een multi-fase chemische reactor voor het vrijzetten van waterstof. (01/05/20-30/04/24)</p> <p>Zongedreven waterstofproductie uit zeewater met behulp van gestabiliseerde plasmonversterkte fotokatalysatoren. (01/11/19-31/10/21)</p> <p>Rechtstreekse bepaling van de waterstofgasopbrengst na foto-elektrochemische behandeling van vluchtige organische stoffen. (01/01/19-31/12/21)</p> <p>Foto-elektrochemische behandeling van methaanafval met gelijktijdige energierecuperatie. (01/10/18-30/09/20)</p> <p>Energie uit methaanafval: katalysatorkeuze, parameterstudie en in-situ onderzoek van een foto-elektrochemische cel. (01/10/17-30/09/18)</p> <p>Microbiologisch beïnvloede corrosie gecontroleerd door middel van een UV ballast water management systeem. (01/01/17-31/12/18)</p> <p>Approach of describing dynamic production of volatile fatty acids from sludge alkaline fermentation (2017)</p> <p>Harvesting hydrogen gas from air pollutants with an un-biased gas phase photo-electrochemical cell (2017)</p>		

17

		<h2>Vakgroep Biotechnologie</h2>
		Godelieve Gheysen
# objecten met zoekhit:		Disciplines: Biotechnologie voor landbouw, bosbouw, visserij en aanverwante wetenschappen, Microbiologie, Milieu-ingenieurswetenschappen en -biotechnologie
Onderzoeksgroep	0	Trefwoorden: Biotechnologie
Projecten	3	
Publicaties	41	
<p>Innovatie door moleculaire karakterisering en optimaliseren van biologische systemen.</p>		
<p>Enkele projecten en/of publicaties:</p> <p>De zoektocht naar hoogproductieve waterstofoxiderende synthetische gemeenschappen door middel van isolatie, combinatie en predictie. (01/01/20-31/12/21)</p> <p>Impact van CO2 en H2 op het gedrag van materialen tijdens elektrochemische processen (01/01/19-31/12/23)</p> <p>Biologische stikstoffixatie met waterstofoxiderende bacteriën voor voedsel- of voederproductie (01/07/18-31/10/20)</p> <p>Achromobacter veterisilvae sp. nov., from a mixed hydrogen-oxidizing bacteria enrichment reactor for microbial protein production (2020)</p> <p>Anode materials for sulfide oxidation in alkaline wastewater : an activity and stability performance comparison (2019)</p> <p>Membrane electrolysis-assisted CO2 and H2S extraction as innovative pretreatment method for biological biogas upgrading (2019)</p> <p>Sodium selenate treatment using a combination of seed priming and foliar spray alleviates salinity stress in rice (2019)</p> <p>Anaerobic treatment of raw domestic wastewater in a UASB-digester at 10 °C and microbial community dynamics (2018)</p> <p>Clinical concentrations of peroxidases cause dysbiosis in invitro oral biofilms (2018)</p> <p>Decoupling livestock from land use through industrial feed production pathways (2018)</p> <p>Improving formaldehyde consumption drives methanol assimilation in engineered E. coli (2018)</p> <p>In situ ammonia removal by methanogenic granular biomass (2018)</p> <p>Membrane electrolysis assisted gas fermentation for enhanced acetic acid production (2018)</p> <p>Upgrading the value of anaerobic digestion via chemical production from grid injected biomethane (2018)</p> <p>A Gibbs free energy-based assessment of microbial electrocatalysis (2017)</p> <p>A novel tubular microbial electrolysis cell for high rate hydrogen production (2017)</p> <p>Development of a reliable experimental set-up for Dover sole larvae Solea solea L. and exploring the possibility of implementing this housing system in a gnotobiotic model (2017)</p> <p>Differential impact of single-dose Fe ion and X-ray irradiation on endothelial cell transcriptomic and proteomic responses (2017)</p> <p>Effect of operational parameters in the continuous anaerobic fermentation of cheese whey on titers, yields, productivities, and microbial community structures (2017)</p> <p>Efficient molasses fermentation under high salinity by inocula of marine and terrestrial origin (2017)</p> <p>Impact of bio-palladium nanoparticles (bio-Pd NPs) on the activity and structure of a marine microbial community (2017)</p> <p>Microbes and the next nitrogen revolution (2017)</p>		

18



Vakgroep Biotechnologie

Godelieve Gheysen

Enkele projecten en/of publicaties:

Microbial electrosynthesis of butyrate from carbon dioxide: Production and extraction (2017)
 Mucosa-associated biohydrogenating microbes protect the simulated colon microbiome from stress associated with high concentrations of poly-unsaturated fat (2017)
 The chemical route to a carbon dioxide neutral world (2017)
 Tracking bio-hydrogen-mediated production of commodity chemicals from carbon dioxide and renewable electricity (2017)
 Anoxic metabolism and biochemical production in *Pseudomonas putida* F1 driven by a bioelectrochemical system (2016)
 Autotrophic nitrogen assimilation and carbon capture for microbial protein production by a novel enrichment of hydrogen-oxidizing bacteria (2016)
 Dysbiosis by neutralizing commensal mediated inhibition of pathobionts (2016)
 High yield 1,3-propanediol production by rational engineering of the 3-hydroxypropionaldehyde bottleneck in *Citrobacter werkmanii* (2016)
 Proteotyping of biogas plant microbiomes separates biogas plants according to process temperature and reactor type (2016)
 Temperature regulates methane production through the function centralization of microbial community in anaerobic digestion (2016)
 Thiamine-induced priming against root-knot nematode infection in rice involves lignification and hydrogen peroxide generation (2016)
 Biochar-amended potting medium reduces the susceptibility of rice to root-knot nematode infections (2015)
 Can direct conversion of used nitrogen to new feed and protein help feed the world? (2015)
 Development of bioelectrocatalytic activity stimulates mixed-culture reduction of glycerol in a bioelectrochemical system (2015)
 Electrochemical abatement of hydrogen sulfide from waste streams (2015)
Geobacter, *Anaeromyxobacter* and *Anaerolineae* populations are enriched on anodes of

root exudate-driven microbial fuel cells in rice field soil (2015)
H₂-Oxidizing bacteria for single cell protein production and sustainable nitrogen cycling (2015)
 Hydrodynamic chronoamperometry for probing kinetics of anaerobic microbial metabolism : case study of *Faecalibacterium prausnitzii* (2015)
 Microbial electrosynthesis of butyrate from carbon dioxide (2015)
 Polypyrrole microcontainers : electrochemical synthesis and characterization (2015)
 Selective enrichment establishes a stable performing community for microbial electrosynthesis of acetate from CO₂ (2015)
 Temperature and solids retention time control microbial population dynamics and

19

Meer informatie

info@fris.vlaanderen.be

Tel. 02/553 59 80

<https://researchportal.be/nl/contact>

FRIS-programma manager: Leen Van Campe

Data-analyse: Pascale Dengis

Brochure:

https://www.ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/bestanden/fris_het_vlaamse_onderzoekspitaal.pdf



20

Dit advies is voorbereid door de VARIO-staf:

Kristien Vercoutere (redactie, onderzoek en analyse)

Annelies Wastyn (redactie en onderzoek)

Danielle Raspoet (redactie)

VARIO

Vlaamse Adviesraad voor
Innoveren & Ondernemen



Vlaanderen
is ambitieus

Vlaamse Adviesraad voor Innoveren en Ondernemen

Koolstraat 35

1000 Brussel

+32 (0)2 553 24 40

info@vario.be

www.vario.be