



# Projectopdracht Studie verdienpotentieel van innovatie

Kenmerk 20170997

Eindrapport

### Contract gegevens

Ministerie van Economische Zaken  
Inkoop Uitvoering Centrum EZ  
Kenmerk: 20170997  
Contactpersoon: Driek van Griensven  
Inhoudelijk contactpersoon: Joost Koch

### Aangeboden door

Trinomics B.V.  
Westersingel 32A  
3014 GS, Rotterdam  
Nederland

### Contactpersoon

Jeroen van der Laan  
@: [jeroen.vanderlaan@trinomics.eu](mailto:jeroen.vanderlaan@trinomics.eu)  
T: +31 1036 1310

Stephan Slingerland (projectleider)  
@: [stephan.slingerland@trinomics.eu](mailto:stephan.slingerland@trinomics.eu)  
T: +31 1035 8795

### Auteurs

Stephan Slingerland  
Elske Veenstra  
Tycho Smit  
Koen Rademaekers

### Datum

Rotterdam, 15 september 2017



Rotterdam, 15 september 2017

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken  
Inkoop Uitvoering Centrum EZ

Referentie: 20170997  
Projectopdracht studie verdienpotentieel van innovatie



## INHOUDSOPGAVE

1	Aanleiding en doel van dit project .....	6
1.1	Verdienpotentiëlen voor Nederlandse energie-innovaties .....	6
1.2	Doelstelling.....	7
1.3	Methode.....	7
1.4	Leeswijzer .....	8
2	Selectie innovaties en indicatoren .....	9
2.1	Selectie innovaties .....	9
2.2	Uit te werken innovatiefiches .....	11
2.3	Keuze van de indicatoren.....	16
3	Resultaten verdienpotentiëlen .....	19
3.1	Overzicht .....	19
3.2	Bestaande situatie .....	20
3.3	Opschaalcapaciteiten Nederland .....	21
3.4	Internationale concurrentie .....	23
3.5	Kennisbehoefte.....	24
3.6	Uitkomsten interviews.....	25
4	Conclusies .....	27
4.1	Algemene conclusies .....	27
4.2	Conclusies ten aanzien van de deelvragen.....	28
	Annex A - Literatuur .....	33
	Annex B - Overzicht uitkomsten eerdere verdienpotentieelstudies .....	35
	Annex C - Verantwoording scores indicatoren.....	37
	Annex D - Interviews.....	39
	Annex E - Innovatiefiches.....	55
	Fiche 1: Systeemintegratie op macroniveau: elektriciteitsnetwerken & opslag	57
	Fiche 2: Systeemintegratie op gebouwniveau .....	69
	Fiche 3: Energieneutrale wijken .....	79
	Fiche 4: Carbon Capture and Utilisation (CCU) .....	87
	Fiche 5: Verregaande industriële symbiose .....	99
	Fiche 6: Geavanceerde transportbrandstoffen .....	109
	Fiche 7: Elektrische transportinfrastructuur voor de residentiële markt .....	119

# 1 Aanleiding en doel van dit project

## 1.1 Verdienpotentiëlen voor Nederlandse energie-innovaties

Onder druk van klimaatverandering en het schaarser worden van grondstoffen zullen de Nederlandse economie en maatschappij de komende decennia op een ingrijpende manier veranderen. In de energiesector zullen nationale zekerheden en vertrouwde inkomstenbronnen zoals het Nederlandse gas en de import en verwerking van olie daarbij langzamerhand plaatsmaken voor heel nieuwe manieren om inkomsten te genereren. De precieze aard daarvan kunnen we nu nog niet voorzien. Wel weten we dat technologische innovatie daarvoor essentieel zal zijn, maar die zal ook gepaard moeten gaan met maatschappelijke en economische vernieuwingen. Ook weten we dat de veranderingen zowel de vier energiefuncties kracht & licht, lage-temperatuurwarmte, hoge-temperatuurwarmte en transport afzonderlijk zullen betreffen, maar dat veel veranderingen ook nieuwe wisselwerkingen en integratie tussen deze functionaliteiten zullen inhouden.

In de afgelopen jaren zijn verschillende studies gedaan naar verdienpotentiëlen van Nederlandse energie-innovaties, onder andere door Ecorys, Roland Berger, Triple E Consulting en CE Delft/Triple E Consulting<sup>1</sup>. Energiebesparing<sup>2</sup>, wind op zee en zonne-energie komen in deze studies als meest competitieve opties uit de bus als wordt uitgegaan van een traditionele waardeketen. In die waardeketen speelt productie een relatief grote rol en drukt de omvang van die productie in de huidige situatie dan ook een relatief zwaar stempel op de uitkomsten. Een recente studie van het Planbureau voor de Leefomgeving bevestigt dat veel van deze opties noodzakelijk zullen zijn in de toekomst om de klimaatdoelstellingen te halen en beveelt aan om maatregelen te treffen om onder meer de grootschalige implementatie van wind op zee, zonnepanelen ('zon-PV'), carbon capture and storage (CCS) en groene brandstoffen te bevorderen<sup>3</sup>.

Maar als we naar de langere termijn kijken, dan zullen naast deze meer technologie-gerichte innovaties ook meer 'systeemgerichte' innovaties plaatsvinden die zullen leiden tot heel nieuwe producten en diensten<sup>4</sup>. Daarbij zullen ook businessmodellen en daarmee de verdienpotentiëlen binnen de economie als geheel veranderen, wat weer nieuwe kansen voor exportmogelijkheden opleveren. In de circulaire economie zijn bijvoorbeeld verdienmodellen in opkomst waarbij de producten telkens weer terug worden gebracht in de waardeketen<sup>5</sup>. Ook is de verwachting dat marketing en dienstlevering aan het einde van de waardeketen een relatief grotere rol dan vroeger zullen krijgen ten opzichte van directe (bulk-) productie en grondstoffenverwerking. Dit wordt bijvoorbeeld uitgedrukt in nieuwe grafische weergaven van de waardeketen zoals 'Shih's Smiling Curve' (Figuur 1-1).

---

1 Ecorys (2010) 'Versterking Nederlandse duurzame energiesector'; Roland Berger (2010) 'Stimulering van de economische potentie van duurzame energie in Nederland'; CE/TEC (2014) 'Evaluatie Topsector Energie'; TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'; TNO (2017) 'Portfolio analyse'. Zie Annex B voor een overzicht van de uitkomsten van deze studies.

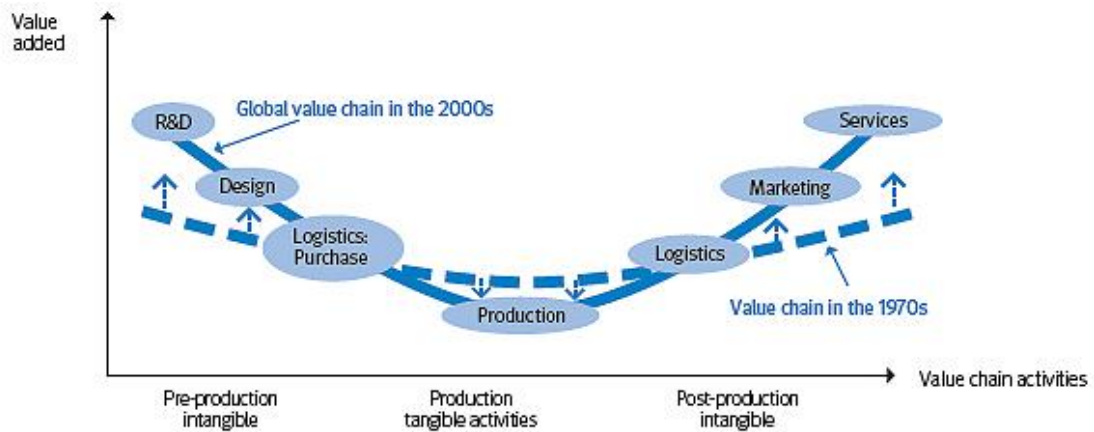
2 Vooral als isolatie en warmtepompen

3 PBL (2017) Realisatie van klimaatdoelen: van lange termijn beelden naar korte termijn actie, Den Haag (in voorbereiding)

4 Zie hoofdstuk 2 van dit rapport voor een definitie en afbakening van verschillende soorten innovaties.

5 Zie bijvoorbeeld: Achterberg, E., Hinfelaar, J., Bocken, N.M.P. (2016) 'Master Circular Business with the Value Hill (White paper)', Circle Economy & Sustainable Finance Lab.

Figuur 1-1 'Shih's smiling curve' (bron: OECD, 2013)<sup>6</sup>



Deze systeemgerichte innovaties zijn onderwerp van studie in dit rapport. Uitdaging daarbij is om, zonder exact te weten hoe de veranderingen die in de toekomst op ons af zullen komen er uit gaan zien, de kerncompetenties te vinden die vanuit het huidige perspectief van belang lijken om ook in de toekomst in de energiesector geld te kunnen verdienen - niet zozeer met grondstoffen maar met specifiek Nederlandse kennis en vaardigheden die die ervoor zorgen dat ketens zo veel mogelijk gesloten worden en dat er daarbij in iedere ketenstap waarde toegevoegd blijft worden.

## 1.2 Doelstelling

Tegen de achtergrond van die context is de hoofdvraag van dit onderzoek:

**Waar liggen vanuit de maatschappelijke opgave om vanuit de vier energiefunctionaliteiten (kracht en licht, hoge temperatuurwarmte, lage temperatuurwarmte, vervoer) toe te werken naar een CO2-arme economie in 2050 grote kansen voor het verdienvermogen van Nederland in 2030 en daarna?**

Daarbij zijn de volgende vier deelvragen onderscheiden:

1. Wat zijn vanuit deze gezamenlijke innovatieopgave gezien de bestaande sterktes in Nederland ten aanzien van wetenschap, technologie en het bedrijfsleven?
2. In hoeverre zijn deze bestaande sterktes te verdelen naar schakels in de waardeketen met de hoogste toegevoegde waarde (Shih smiling-curve)?
3. Hoe belangrijk zijn deze bestaande sterktes voor zowel de gezamenlijke als de individuele (functionele) innovatieopgave?
4. Wat betekent dit voor de verdienkansen van Nederland voor wat betreft de gezamenlijke als voor de vier individuele energiefunctionaliteiten in 2030 en daarna?

## 1.3 Methode

Figuur 1-2 geeft een overzicht in hoofdlijnen weer van de methodologie voor dit onderzoek. Deze bestaat uit vijf stappen. De eerste twee stappen zetten het onderzoekskader neer. Daarbij worden eerst de te onderzoeken innovaties geselecteerd, daarna worden de te gebruiken indicatoren bepaald.

<sup>6</sup> OECD (2013) 'Interconnected economies benefitting from global value chains'

In stap 3 en 4 scoren we de verdienpotentiëlen kwalitatief en controleren we de scores aan de hand van een beperkt aantal expertinterviews. In stap 5 bespreken we tenslotte de bijdrage van de opties aan de maatschappelijke opgave en trekken we conclusies over de verdienkansen voor Nederland daarbij.

**Figuur 1-2** Overzicht methodologie



## 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport bespreekt de selectie van de innovaties en indicatoren (onderzoeksstap 1 en 2). Hoofdstuk 3 gaat in op scores en op de verificatie hiervan aan de hand van de expertinterviews (onderzoeksstap 3 en 4). Hoofdstuk 5 bediscussieert de uitkomsten wat betreft verdienpotentiëlen en maatschappelijke bijdrage van de onderzochte innovaties en trekt conclusies.



## 2 Selectie innovaties en indicatoren

### 2.1 Selectie innovaties

Voor de selectie van de nader te onderzoeken innovaties zijn een aantal criteria gehanteerd. Uitgangspunten daarbij zijn de gerichtheid op de lange termijn (2050) en op een vergaand Nederlands klimaatbeleid. Kosteneffectiviteit en marktomvang van bestaande, veelal op productie van hernieuwbare energie gerichte en specifiek technologische, opties nu spelen daarom in dit onderzoek een minder grote rol dan in eerdere verdienpotentieelstudies. Ook ligt hierdoor een relatief grotere nadruk op post-fossiele opties en op het vinden van nieuwe concurrentievoordelen hiervoor.

Gebruikte criteria zijn:

#### 1. Uitgaan van hoge klimaatambities Nederland

Op dit moment wordt in Nederland de bandbreedte van 80 tot 95% emissiereductie in 2050 gehanteerd<sup>7</sup>. Op welk uiteinde van die bandbreedte wordt ingezet is van belang voor de keuze van innovaties. Bij 80% emissiereductie kan het wat betreft verdienpotentiëlen verstandig zijn om in te zetten op opties die bijdragen aan het langer voortbestaan van fossiele energiebronnen, bij 95% emissiereductie kan beter van nu af aan al verdergaande innovatie als potentieel exportproduct worden bevorderd - waarbij eventueel benodigde technologie die kan bijdragen aan het langer doorgaan met fossiel voor de overgangstermijn van elders wordt ingekocht<sup>8</sup>. In dit onderzoek gaan we uit van innovaties die aan kunnen sluiten bij het hogere emissiedoel.

#### 2. Nadruk op radicale systeeminnovaties

Bij innovaties kan onderscheid gemaakt worden naar incrementele of radicale innovaties. Ook kan een onderscheid gemaakt worden naar modulaire of systeeminnovaties (figuur 2.1). In het eerste geval gaat het om een stapsgewijze verbetering van bestaande producten of diensten versus een verschuiving naar compleet nieuwe producten en diensten. In het tweede geval gaat het om innovaties waarbij één of een beperkt aantal actoren betrokken is versus innovaties waarbij een groot aantal verschillende maatschappelijke actoren betrokken is. Systeeminnovaties hebben over het algemeen ook direct impact op burgers, terwijl dat bij modulaire innovaties niet het geval hoeft te zijn (bijvoorbeeld bij business-to-business innovaties). Systeeminnovaties hebben daarbij betrekking op meerdere functies in de energieketen van winning tot gebruik van energie, of op heel nieuwe functies in deze keten, zoals energieopslag.

<sup>7</sup> EZ (2016) 'Energierapport 2016 - Transitie naar duurzaam'

<sup>8</sup> Terwijl de toekomst van CCS in Nederland heel onzeker is nu de eigenaren van de kolencentrales Engie en UNIPER zich hebben teruggetrokken uit het Rotterdamse ROAD project voor CO<sub>2</sub> opslag onder zee, gaat één van de drie units van de Magnum-centrale van NUON in de Eemshaven over op waterstof dat is geproduceerd uit Noors aardgas, waarbij Statoil de daarbij geproduceerde CO<sub>2</sub> opslaat in het Noorse Sleipnerveld.

Tabel 2-1 Verschillende soorten innovaties (naar Huizingh, 2011)<sup>9</sup>

	Modulair	Systeem
Incrementeel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voortbouwen op bestaande producten en diensten</li> <li>- Beperkt aantal actoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voortbouwen op bestaande producten en diensten</li> <li>- Groot aantal maatschappelijke actoren</li> </ul>
Radicaal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compleet nieuwe producten en diensten</li> <li>- Beperkt aantal actoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compleet nieuwe producten en diensten</li> <li>- Groot aantal maatschappelijke actoren</li> </ul>

In dit onderzoek delen we innovaties in volgens het schema van figuur 2.1. De nadere analyse richt zich daarbij specifiek op radicale systeeminnovaties, maar waar relevant kijken we ook naar radicale modulaire innovaties. Naast deze systeeminnovaties zijn, zoals in hoofdstuk 1 aangegeven, ook een groot aantal meer technologische, modulaire en incrementele innovaties nodig, zoals bij wind op zee of bij zon-PV, maar deze vallen buiten het bestek van deze studie.

### 3. Voortbouwen op eerdere selecties door TSE

In de Energieagenda wordt een breed scala aan technologische opties en systeemopties genoemd<sup>10</sup>. Hierbij wordt voor enkele technologieën in kwalitatieve termen aangegeven wat het potentieel voor Nederland is, of waar kansen voor innovatie liggen, maar over de breedte worden geen duidelijke winnaars en verliezers genoemd. Dit is anders in de Kennis en Innovatie Agenda (KIA) 'Energietransitie en CO<sub>2</sub>-reductie' van de TSE waar duidelijke prioriteiten worden opgesomd voor de vier functionaliteiten<sup>11</sup>. Tabel 2- geeft een overzicht van de opties die in de beleidsdocumenten en ondersteunende onderzoeken worden genoemd, waarbij de prioriteiten in de KIA cursief en onderstreept zijn.

Tabel 2-2 Overzicht van technologieën en systeemopties

Functie	Technologie (vnl. modulair en/of incrementeel)	Systeem
Kracht en licht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Wind op zee</u></li> <li>• Wind op land</li> <li>• <u>Zon-PV</u></li> <li>• Getijdenenergie</li> <li>• Zoet-zoutosmose</li> <li>• Kernenergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Energieopslag</u></li> <li>• <u>Energieconversie</u></li> <li>• <u>Interconnectie</u></li> <li>• <u>Smart grids</u></li> <li>• <u>Digitalisering</u></li> <li>• <u>Systeemintegratie</u></li> <li>• <u>Synergie met andere opwekkers en ruimtegebruikers</u></li> <li>• <u>Inpassing van elektrische voertuigen</u></li> </ul>
HT warmte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>CCS (op zee)</u></li> <li>• <u>Elektrische warmtevoorziening industrie (warmtepompen)</u></li> <li>• <u>Biomassaconversie</u></li> <li>• <u>(Ultra)diepe geothermie</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Circulariteit en industriële symbiose</u></li> <li>• Energiebesparing in de industrie (waaronder <u>procesefficiency en procesintensificatie</u>)</li> <li>• Industriële restwarmte</li> <li>• <u>CCU</u></li> <li>• <u>Elektrochemische processen</u></li> <li>• <u>Bioraffinage</u></li> <li>• <u>Bioplastics</u></li> <li>• Power-to-products (ammoniak)</li> </ul>
LT warmte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Zonthermisch</u></li> <li>• <u>(Ondiepe) geothermie</u></li> <li>• <u>(Hybride) warmtepompen</u></li> <li>• <u>Bioogas / groen gas</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebesparing in de gebouwde omgeving (waaronder <u>isolatiematerialen</u>)</li> <li>• <u>Warmtenetten</u></li> </ul>

<sup>9</sup> Huizingh, E. (2011). Innovatiemanagement. Pearson Education. Zie ook <http://managementplatform.nl/soorten-innovaties/02/07/2014>

<sup>10</sup> EZ (2016) 'Energierapport 2016 - Transitie naar duurzaam'

<sup>11</sup> EZ (2017) Kennis en Innovatie Agenda 'Energietransitie en CO<sub>2</sub>-reductie', 2-pager

Functie	Technologie (vnl. modulair en/of incrementeel)	Systeem
Mobiliteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>BioCNG</li> <li>BioLNG</li> <li>Vloeibare biobrandstoffen (bio-ethanol, biodiesel, biokerosine)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrisch vervoer (infrastructuur en voertuigen)</li> <li>Brandstofcelauto/Waterstof</li> </ul>
Meerdere	<ul style="list-style-type: none"> <li>Warmte-kracht-koppelingsinstallaties (WKK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Artificiële) fotosynthese</li> <li>Warmte/koudeopslag</li> </ul>

Dit onderzoek gaat uit van de al eerder door de TSE geselecteerde opties, maar probeert op een hoger systeemniveau verbindingen te leggen. Individuele technologieën zoals wind op zee en zon-PV, die in eerdere verdienpotentieelstudies wel in detail zijn bekeken, komen hier dan ook niet afzonderlijk aan de orde.

#### 4. Evenwicht van uit te werken opties over de vier energiefuncties

Tot slot is bij het opstellen van de nader te onderzoeken innovaties gestreefd naar een evenwicht tussen de vier in de Energieagenda onderscheiden functionaliteiten kracht en licht, lage-temperatuur (LT) warmte, hoge-temperatuur (HT) warmte, en transport om zo een evenwichtig beeld te krijgen van benodigde innovaties over de hele breedte van de energiesector (tabel 2-3).

Tabel 2-3 Energiefuncties en maatschappelijke sectoren

Functionaliteit	Maatschappelijke sector
Elektriciteit Kracht en licht	Maatschappijbreed
LT warmte	Gebouwde omgeving
HT warmte	Industrie
Transport	Maatschappijbreed

## 2.2 Uit te werken innovatiefiches

Aan de hand van bovenstaande selectiecriteria zijn zeven profielen voor uit te werken innovatiefiches opgesteld:

### Innovatie-fiche 1. Systeemintegratie op macroniveau: Elektriciteitsnetwerken en opslag

Het overschakelen van fossiele op hernieuwbare energieopties in de elektriciteitsvoorziening in de komende decennia betekent dat we toegaan van een relatief makkelijk in te regelen elektriciteitsnetwerk naar een systeem met veel meer variabiliteit en daarom noodzaak tot chemische omzettingen en tijdelijke opslag in verschillende media (gassen, vloeistoffen, batterijen). Dat betekent ook dat we toegaan van een relatief geïsoleerd elektriciteitsnetwerk naar een koppeling van het elektriciteitssysteem met gas, warmte en transport. In deze fiche gaan we in op het balanceren van vraag en aanbod in het elektriciteitsnetwerk door toepassing van systeemintegratie op netwerkniveau en energieopslag.

**Tabel 2-4 Verschillende soorten innovaties relevant voor systeemintegratie op macroniveau**

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	- (Verbeteringen en grotere toepassing van) industriële warmte-krachtsystemen;	- Uitbreiding van stadsverwarming met warmte-kracht - Europese marktintegratie elektriciteit
<b>Radicaal</b>	- CAES - LAES - Vliegwielen	- Power to gas - Power to heat - Power to products

**Innovatie-fiche 2. Systeemintegratie op gebouwniveau: Van minder energieverbruik binnenshuis tot zelfvoorzienende woningen**

Individuele consumenten krijgen onder meer met energietransitie te maken binnen hun eigen woning. Niet alleen als consument, maar ook in een toenemend aantal gevallen als producent van energie. Loskoppeling van elektriciteitsnetwerken en een volledig autonome energievoorziening van een woning begint voor de toekomstige ‘prosumert’ in sommige gevallen een reële optie te worden. Daarbij zijn ‘ontzorgingsdiensten’, die zorgen voor een nul-op-de-meter woning tegen een fixed price in opkomst. Tegelijk krijgen de consumenten of prosumerten binnen de woning toenemend te maken met het ‘internet-of-things’, waarbij apps en ict-toepassingen zorgen voor een efficiënter energiegebruik en tegelijk invloed uitoefenen op hun gedrag.

Deze fiche gaat over energiediensten op woningniveau die de energievraag en eventuele productie op een slimme manier regelen en optimaal afstemmen op de beschikbare energie binnen de woning. Deze ontwikkelingen stellen de consument in staat om actiever met de eigen energiehuishouding om te gaan. Zaken die in deze fiche aan bod zullen komen zijn ontzorgingsdiensten voor energie-efficiëntie in de woning die leidt tot aan (bijna) zelfvoorzienende woningen, en producten die daarbij horen zoals infraroodverwarming, slimme meters, apps en webtools voor gedragsverandering en betere energiemonitoring- en regeltechnieken voor een internet-of-things binnen de woning.

**Tabel 2-5 Verschillende soorten innovaties relevant voor systeemintegratie op gebouwniveau**

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	- Smart meters; isolatie - Apps die tips geven over energiegedrag	- Nul-op-de-meter woningen (uitwisseling met net) en bijbehorende toepassingen en diensten
<b>Radicaal</b>	- Apps die in- en uitschakelen van apparaten in de woning zelfstandig optimaliseren binnen zelfstandige netwerken en/of Internet PV, warmtepompen, UV-stralers, geothermie	- (Bijna) autonome energiewoningen plus aggregatie van de productie op lokaal niveau met ‘virtual power plants’.

**Innovatie-fiche 3. Energiezuinige renovatie gebouwde omgeving op wijkniveau:**

Dé grote uitdaging in de gebouwde omgeving is het versneld verduurzamen van de bestaande woningvoorraad, want gegeven de levensduur van de bestaande woningvoorraad zullen de huidige gebouwen nog voor een groot deel bestaan in 2050. Reden dus om te focussen op de bestaande gebouwde omgeving en hoe deze op een rendabele wijze energiezuinig gerenoveerd kan worden. Dat moet niet alleen gebeuren binnen de gebouwen zelf door bewoners en eigenaren, maar ook op wijkniveau.

Daarbij moeten met name woningbouwverenigingen, bouwbedrijven en gemeenten bijvoorbeeld keuzes maken wat de opvolger wordt van de nu alomtegenwoordige gasverwarmingsnetwerken in wijken, welke woningen gesloopt danwel gerenoveerd worden en hoe de wijken in de toekomst worden ingericht om ze zowel energiezuinig, klimaatbestendig als prettig leefbaar voor de bewoners te maken. Het maatschappelijk nu veel gebruikte concept ‘Van gas los’ (lees: de overgang van aardgas naar andere energiebronnen op wijkniveau) kan hierbij gezien worden als een radicale, vooral wijkgerichte variant van de meer algemenere vraag naar verduurzaming van wijken. Het gaat hierbij om een meer organisatorische en planmatige innovatie dan om een puur technologische innovatie. Financieringsconstructies en opschaalbaarheid van oplossingen spelen daarbij onder meer een rol. Deze fiche richt zich dan ook op energiezuinige renovatie in de gebouwde omgeving op wijkniveau en het ontwikkelen en vermarkten van concepten daarvoor.

**Tabel 2-6 Verschillende soorten innovaties relevant voor energiezuinige renovatie op wijkniveau**

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nieuwbouwwijken gaan los van gas</li> <li>- Bij bestaande wijken wordt stapsgewijs overgegaan naar duurzame oplossingen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uitbreiding stadsverwarming</li> <li>- Stimuleren hernieuwbaar in de gebouwde omgeving op wijk- (en woning)niveau;</li> <li>- Stimuleren energiecooperaties</li> </ul>
<b>Radicaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Wijken waarvan de kost te hoog is - om ze kosteneffectief duurzaam te maken - worden gesloopt;</li> <li>- Bestaande wijken worden via totaalconcepten omgeturnd naar duurzame wijken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasvrije wijken</li> <li>- Totaalconcepten duurzame wijken</li> <li>- Oprichten wijkcomités voor verduurzaming / nieuwe vormen van lokale participatie voor leef- en duurzaamheid</li> </ul>

#### **Innovatie-fiche 4. Hergebruik van CO<sub>2</sub>: Carbon Capture and Utilisation**

Opslag van CO<sub>2</sub> op land is in Nederland maatschappelijk omstreden<sup>12</sup>. Ook op zee is die opslag niet onomstreden, omdat de technologie door sommigen wordt beschouwd als een bijdrage aan het in stand houden van de huidige lock-in in fossiele energie. Wereldwijd wordt CCS dan ook nog maar op heel beperkte schaal toegepast. Toch laten veel studies, waaronder die van PBL, zien dat CCS noodzakelijk zal zijn en misschien in de toekomst in combinatie met gebruik van biomassa zelfs kan zorgen voor negatieve emissies.<sup>13</sup> Ook in het Energieakkoord wordt deze techniek als onvermijdelijk gezien.

Nederland is een fossiel-intensief land, daarom lijkt de toepassing van CCS op zee hier in ieder geval als overgangsoptie voor de hand te liggen. Dat geldt met name voor het petrochemische complex in de Rotterdamse haven. Ondanks de recente uitstap van de energiebedrijven Engie en Uniper uit het CO<sub>2</sub>-opslagdemonstratieproject in de Rotterdamse haven (‘ROAD’), dat daardoor nu stilligt, blijft er in Nederland potentieel liggen voor deze optie. Dit potentieel is mogelijk nog groter indien de afvang van CO<sub>2</sub> gecombineerd kan worden met hergebruik van CO<sub>2</sub> in de vorm van CCU. We onderzoeken daarom in deze fiche met name hoe Nederland de al aanwezige kennis op CCS samen met CCU zal kunnen benutten als overgangsoptie in de energietransitie. Deze fiche gaat over de afvang van CO<sub>2</sub> dat vervolgens kan worden opgeslagen (*Carbon Capture and Storage, CCS*) ofwel worden hergebruikt (*Carbon Capture and Utilisation, CCU*). We kijken met name naar de toepassing van gecombineerde CCS en CCU.

<sup>12</sup> Zo werd een geplande opslaglocatie in Barendrecht in 2010 niet gerealiseerd vanwege bezwaren van omwonenden.

<sup>13</sup> PBL (2017) (verwachte publicatie: september 2017). CCS is een kosteneffectieve optie. Zonder CCS lopen de kosten hoog op voor de 95%-reductiedoelstelling.

Tabel 2-7 Verschillende soorten innovaties voor Carbon Capture and Usage (CCU)

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle grote installaties ‘capture ready’ maken;</li> <li>- Alle pure CO<sub>2</sub>-stromen gebruiken voor CCU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CCU ontwikkelen / stimuleren door optimaliseren van industriële samenwerking tussen meest relevant industriële spelers</li> <li>- CO<sub>2</sub>-footprint verlagen door hergebruik CO<sub>2</sub> in tuinbouw, frisdranken, chemie, synthetische brandstoffen</li> </ul>
<b>Radicaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> als basis voor de chemische industrie</li> <li>- Direct Air Capture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> netwerk zodat alle industriële CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt afgevangen of hergebruikt (CCS/CCU symbiose);</li> <li>- Direct Air Capture levert (naast recycling en biomassa) de koolstofmoleculen voor onze chemische industrie</li> </ul>

### Innovatie-fiche 5. Radicale vernieuwing energie-intensieve industrie: Industriële symbiose

Vijf Nederlandse en internationale industriële sectoren zijn bijzonder energie-intensief. Dat zijn de ijzer en staalsector, de chemiesector, de papiersector, de cementsector en de aluminiumsector. De sectoren hebben in het verleden al heel veel energie bespaard, ook al omdat energie een groot deel van hun productiekosten uitmaakt. Verdergaande besparing moet dan ook vooral komen uit nieuwe processen en uit innovatieve samenwerking in de vorm van ‘industriële symbiose’, waarbij de ene sector voor zijn grondstoffen gebruik maakt van de afvalproducten van de andere sector. Zo kan de chemische industrie overtollig, gezuiverd CO van de staalsector gebruiken, of kan de staalsector niet gebruikte warmte doorgeven aan de papierindustrie. Dit fiche onderzoekt het verdienpotentieel van industriële symbiose voor energiebesparing en CO<sub>2</sub> emissiereductie.

Tabel 2-8 Verschillende soorten innovaties relevant voor industriële symbiose

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiebesparing en efficiëntie on-site door middel van interne procesoptimalisering</li> <li>- Energiebesparing door middel van technische on-site maatregelen zoals isolatie van pijpleidingen etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiebesparing on-site door nieuwe processen die gebruik maken van nieuwe grondstoffen en optimalisering van de keten</li> </ul>
<b>Radicaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiebesparing on-site door nieuwe processen die gebruik maken van dezelfde grondstoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Energiebesparing op meerdere sites door afstemming en optimalisering van processen tussen meerdere industrieën</b></li> </ul>

### Innovatie-fiche 6. Geavanceerde hernieuwbare en CO<sub>2</sub>-neutrale transportbrandstoffen

Gebruik van biologisch hernieuwbare grondstoffen is, naast een efficiëntere inzet van niet-hernieuwbare grondstoffen, één van de kernoplossingen voor een circulaire economie. Belangrijke toepassingsroutes voor deze ‘biobased’ economy zijn nieuwe, op planten gebaseerde bulk- en fijnchemicaliën, nieuwe materiaaltoepassingen zoals bio-constructiematerialen, biograndstoffen voor energie en heel nieuwe biobased materialen door genetische modificatie. In deze fiche richten we ons op de energiegerelateerde toepassingen van de biobased economy. Radicale innovaties liggen met name in het gebruik van derde generatie biobrandstoffen (algen/wieren) en in kunstmatige fotosynthese. Van belang is daarbij ook integratie met andere sectoren, zoals de voedselketen waarin algen en zeewieren in eerste instantie kunnen worden toegepast. In deze fiche zullen we ingaan op **de ontwikkeling en productie van derde generatie biobrandstoffen en kunstmatige fotosynthese** voor de transportsector. De focus ligt hierbij op cascadoepassingen in visserij- en voedselketen, chemische industrie en transportsector voor derde generatie biobrandstoffen en voor kunstmatige fotosynthese.

**Tabel 2-9 Verschillende soorten innovaties relevant voor 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen**

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	- 1e generatie biobrandstoffen (uit voedingsgewassen)	- (Deel) 2 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (niet-voedingsgewassen / houtachtige materialen)
<b>Radicaal</b>	- (Deel) 2 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (niet-voedingsgewassen / houtachtige materialen)	- 3 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (algen, zeewier); - Kunstmatige fotosynthese

**Innovatie-fiche 7. Elektrische transportinfrastructuur voor de residentiële markt**

In de transportsector vraagt de overgang van de traditionele, benzine- en dieselaangedreven verbrandingsmotoren naar motoren die op een andere manier van energie worden voorzien een compleet nieuwe infrastructuur. Bij nieuwe transportinfrastructuur kan gedacht worden aan een netwerk van snelladers voor het laden van elektrische auto's of aan tankstations voor het tanken van waterstof. Bij laadpunten voor elektrische- en waterstofauto's bij drukke verkeersknooppunten is het van belang dat net als bij de huidige tankstations veel auto's in een korte tijd van energie kunnen worden voorzien. Om deze capaciteit te kunnen garanderen ligt het gebruik van energieopslag op dergelijke laadpunten voor de hand. Dit biedt kansen voor multifunctionele benutting van energieopslagsystemen, zodat deze enerzijds een rol spelen in het balanceren van het elektriciteitsnetwerk, maar ook kunnen worden gebruikt voor de energievoorziening van CO<sub>2</sub>-arme voertuigen. In veel landen staat de ontwikkeling van dergelijke infrastructuur nog in de kinderschoenen en dit biedt dus kansen voor de ontwikkeling van innovatieve systemen. Deze fiche zal ingaan op het verdienpotentieel van de transportinfrastructuur die nodig is om het wegverkeer te verduurzamen en de synergiën die kunnen ontstaan door deze infrastructuur te combineren met verdergaande transportoplossingen zoals zelfrijdende auto's.

**Tabel 2-10 Verschillende soorten innovaties relevant voor een CO<sub>2</sub>-arme infrastructuur**

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	- Individuele oplaadpalen elektrisch vervoer	- Integrale oplaadoplossingen elektrisch vervoer op lokaal, regionaal en nationaal niveau
<b>Radicaal</b>	- Totaalconcepten (apps) voor optimaliseren individueel (elektrisch) vervoer van A naar B die rekening houden met beschikbare oplaadcapaciteiten en tijden	- Systeem waarbij de elektrische auto's gestimuleerd wordt door de overheid (niet alleen fiscaal maar ook naar infrastructuur toe) met implicaties op het vlak van weg- en energie-infrastructuur

De bovenstaande zeven innovatiefiches sluiten aan bij alle vier energiefuncties, waarbij telkens de nadruk ligt op één van de functies, maar waarbij er telkens ook raakvlakken zijn met andere energiefuncties (Tabel 2-11). Ze representeren daarmee een goede dwarsdoorsnede van benodigde energie-innovaties voor Nederland tot 2050.

Tabel 2-11 Aansluiting van de innovatiefiches bij de vier energiefuncties

Innovatiefiche	Kracht en licht	LT warmte	HT warmte	Transport
1. Systeemintegratie op macroniveau: Elektriciteitsnetwerken en opslag	X	X	X	
2. Systeemintegratie op gebouwniveau: Nul op de meter	X	X		
3. Energiezuinige renovatie gebouwde omgeving op wijkniveau: Van gas los	X	X		
4. Carbon Capture and Utilisation (CCU)		X	X	
5. Radicale vernieuwing energie-intensieve industrie: Industriële symbiose	X	X	X	
6. Hernieuwbare brandstoffen voor transport: 3 <sup>e</sup> en 4 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen	X			X
7. Elektrische transportinfrastructuur voor de residentiële markt	X			X

## 2.3 Keuze van de indicatoren

Voor ieder van de bovenstaande fiches is in dit onderzoek een korte fiche gemaakt waarin in de eerste plaats is aangegeven waaruit de optie precies bestaat en wat de belangrijkste te onderscheiden elementen in de waardeketen in het algemeen zijn. Vervolgens zijn het verdienpotentieel van de verschillende opties en de daarvoor benodigde capaciteiten nader geanalyseerd aan de hand van een aantal indicatoren. Deze indicatoren zijn gegroepeerd rond drie hoofdonderwerpen: (1) nadere analyse van de bestaande situatie, (2) analyse van de capaciteiten in Nederland om de bestaande situatie verder uit te bouwen en (3) de mate waarin concurrentie uit het buitenland een hindernis kan vormen om de bestaande situatie uit te bouwen. Rond de drie hoofdonderwerpen hebben we in totaal twaalf indicatoren geselecteerd voor de analyse van iedere innovatiefiche.

### 1. Bestaande situatie

Voor de analyse van de bestaande situatie is in de eerste plaats van belang in welk onderdeel, of in welke onderdelen, van de waardeketen Nederland nu al waarde toevoegt. Globaal geven we daarbij ook een beeld van welke organisaties in Nederland hier nu al mee bezig zijn. Verder zijn van belang de TRL-fase waarin de innovatie zich nu bevindt of, als de innovatie al is uitgerijpt, de mate waarin al sprake is van grootschalige implementatie. In het laatste geval zijn ook van belang de toegevoegde waarde op dit moment en de bestaande werkgelegenheid.

#### Indicatoren bestaande situatie:

1. Waardeketen en fase(n) van de waardeketen waarin Nederland nu waarde toevoegt
2. Organisaties die nu met de innovatie bezig zijn in Nederland
3. Huidige marktomvang in Nederland
4. Huidige werkgelegenheid in Nederland



## 2. Capaciteiten in Nederland om de bestaande situatie uit te bouwen

Centraal in de analyse staan de uitbouwcapaciteiten van de bestaande situatie. Daarvoor zijn onder meer bepalend het soort benodigde kennis en de mate waarin deze in Nederland beschikbaar is, de mate waarin in Nederland experimenteerruimte wordt geboden of beschikbaar is (organisatorisch, juridisch, praktisch - bijv. ruimtebeslag), mogelijke aansluiting bij bestaande situatie en te verwachten knelpunten in de keten bij opschaling (bijvoorbeeld beschikbaarheid gecertificeerde biomassa) en de mate waarin er in Nederland maatschappelijk draagvlak bestaat voor de innovatie. We gaan na in welke (eventuele andere) fasen van de waardeketen met name kansen liggen voor verdere uitbouw van de innovatie.

### Indicatoren uitbouwcapaciteit:

5. Benodigde kennis voor uitbouw
6. Randvoorwaarden voor opschaling
7. Mogelijke knelpunten bij opschaling
8. Te verwachten maatschappelijk draagvlak voor opschaling
9. Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt
10. Potentiële marktgrootte

## 3. Internationale concurrentie

Voor succesvolle opschaling en opbouw van exportcapaciteit in Nederland is ook de situatie in het buitenland van belang. Als andere landen verder zijn met de ontwikkeling van een bepaalde technologie of systeeminnovatie kunnen de exportmogelijkheden beperkt worden. Andersom kan ook de industrie in Nederland onder druk komen te staan door concurrerende buitenlandse bedrijven op de Nederlandse markt. Ook voor deze set indicatoren gaan we na op welke fase in de Shih waardeketen de ontwikkelingen met name van invloed zijn.

### Indicatoren internationale concurrentie:

11. Bestaande implementatie van de innovatie in het buitenland en landen die kunnen concurreren
12. Plannen voor opschaling van de innovatie bij belangrijkste (potentiële) concurrenten



## 3 Resultaten verdienpotentiëlen

### 3.1 Overzicht

Dit hoofdstuk geeft een vergelijkend overzicht van de resultaten van de analyses in de zeven innovatiefiches. De scores voor alle indicatoren per innovatiefiche zijn weergegeven in tabel 3.1<sup>14</sup>.

#### Verantwoording scoremethode

In dit onderzoek is gekozen voor een kwalitatieve scoremethode op basis van expert judgement. Deze methode past bij de globale overall-scan die in dit onderzoek is uitgevoerd en bij de grote onzekerheden waar het hier om gaat tot aan 2050. Met deze methode wordt de schijn van exactheid van een semi-kwantitatieve methode, die immers ook op veel aannames gebaseerd is, vermeden. Wel wordt een zekere mate van nauwkeurigheid verkregen door gebruik te maken van twaalf indicatoren per innovatiefiche, die zijn gegroepeerd rond drie thema's (huidig, opschaalmogelijkheden Nederland, concurrentie buitenland). Met 6 indicatoren voor opschaling, 4 voor de bestaande situatie en 2 voor de concurrentie in het buitenland is ook een weging tussen de drie thema's toegepast die past bij het relatieve belang van de drie. De indicatoren zijn ieder gescoord als '-', '0' of '+'. De exacte betekenis van ieder van die scores per indicator is aangegeven in bijlage B.

Uit de tabel valt af te lezen dat de fiches gerelateerd aan de gebouwde omgeving (2 en 3) een relatief hoge totaalscore hebben wat betreft verdienpotentieel. Dat komt onder meer omdat er voor deze innovaties een relatief veilige afzetmarkt in Nederland aanwezig is (gebouwde omgeving) en er weinig technologische innovatie meer nodig is. Bovendien is de verwachte potentiële marktomvang groot (hele bestaande bouw). Daarmee zijn belangrijke randvoorwaarden voor opschaling aanwezig. Ook wat betreft infrastructuur gerelateerd aan elektrisch transport (fiche 7) scoort Nederland hoog. De implementatiegraad van laadpalen is in Nederland relatief hoog en samen met Noorwegen is Nederland ook koploper wat betreft uitbouwplannen - hoewel het zeker nog een uitdaging zal zijn om vanaf 2025 alleen nog de verkoop van emissieloze auto's toe te staan.

Relatief positief scoren ook de geavanceerde hernieuwbare brandstoffen (fiche 6). Kennisnetwerk, aanwezige chemische industrie en bestaande fossiele raffinagecapaciteit die omgebouwd kan worden tot bioraffinage dragen hieraan bij. Belangrijke kanttekening daarbij is wel dat het maatschappelijke draagvlak voor biobrandstoffen door de eerdere discussies rond eerste-generatie biobrandstoffen en de concurrentie daarvan met voedselgewassen een deuk hebben opgelopen. Ook het feit dat genetische modificatie vaak een rol speelt bij geavanceerde biobrandstoffen helpt niet hierbij.

Voor de industrie (fiches 4 en 5) zijn de verwachtingen voor de lange-termijn verdienpotentieel iets lager, onder andere vanwege de onzekerheid rondom de toekomst van de energie-intensieve industrie in Nederland. Ook andere potentiële knelpunten, zoals de bestaande concurrentievoorsprong van Nederland juist op fossiel vlak ten opzichte van andere landen, maken dat de totaalscores voor de verdienpotentiëlen hier iets lager uitvallen dan die van de fiches in de gebouwde omgeving.

<sup>14</sup> Een uitgebreide verantwoording voor de scores voor iedere indicator is terug te vinden in bijlage B. Bijlage C geeft de innovatiefiches zelf, met daarin een overzicht en toelichting van de innovatie en een uitgebreide analyse voor iedere indicator.

Ook voor elektriciteitsnetwerken en opslag (fiche 1) zijn er, zoals blijkt uit de totaalscore, voornamelijk gemengde verwachtingen. Nederland heeft een open elektriciteitsnetwerk en goede ict-voorzieningen die een goede basis kunnen zijn voor energiesysteemdiensten, maar wat de relatieve bijdrage zal zijn van een hele set aan heel verschillende opslagmogelijkheden is nog heel lastig te overzien.

Tabel 3-1 Totaaloverzicht scores indicatoren voor de innovatiefiches

Innovatiefiche	Bestaande situatie				Capaciteiten voor opschaling in Nederland						Concurrentie buitenland		Score *)
	Fasen waardeketen	Organisaties NL	Huidige omvang	Huidige werkgelegenheid	Benodigde kennis	Aanwezigheid randvoorwaarden	Knelpunten	Verwacht draagvlak	Mogelijke fasen voor uitbouw	Potentiele marktomvang	Implementatie buitenland	Opschaalplannen buitenland	% Maximale score
1. Elektriciteitsnetwerken en opslag	0	+	-	-	0	0	0	0	+	0	0	0	50%
2. Systeemintegratie op gebouwniveau	+	0	0	+	+	+	0	+	0	+	0	+	79%
3. Systeemintegratie op wijkniveau	0	0	0	+	+	+	0	0	+	+	+	+	79%
4. Carbon Capture and Utilisation (CCU)	-	+	-	-	+	0	0	0	+	0	+	0	54%
5. Industriële symbiose	0	0	0	0	+	+	-	0	+	0	0	0	58%
6. Geavanceerde hernieuwbare brandstoffen	0	+	0	0	+	+	0	-	+	0	0	0	62%
7. Elektrische transportinfrastructuur	+	+	0	0	0	0	0	+	0	+	+	+	75%

\*) Zie voor de berekening van de totaalscore bijlage B

In de navolgende paragrafen bespreken we de resultaten van de fiches voor wat betreft de bestaande situatie, uitbouwpotentiëlen in Nederland, internationale concurrentie en benodigde kennis in meer detail.

### 3.2 Bestaande situatie

Voor de bestaande situatie geldt dat alle innovaties voornamelijk heel klein zijn in omvang en werkgelegenheid. De systeeminnovaties in de gebouwde omgeving (gebouw /wijk/ vervoer) zijn al wat verder en kennen al commerciële toepassingen, terwijl andere innovaties het nog vooral van pilots (symbiose, elektriciteitsnetwerken) en onderzoek (CCU, geavanceerde biobrandstoffen) moeten hebben. Dat past bij het beeld van radicale innovaties, waarvan nu alleen nog de eerste sporen te zien

zijn. Vaak zijn de netwerken rondom de systeeminnovaties wel al aanwezig. Nederland is van oudsher goed georganiseerd en veel organisaties kennen elkaar. Er is ook al lang een actieve overheidsbemoediging rondom netwerkvorming, nu via de TSE, eerder via de netwerken rondom de Energietransitie.

**Tabel 3-2 Belangrijkste observaties bestaande situatie per innovatiefiche**

Innovatiefiche	Observaties
1. Elektriciteitsnetwerken en opslag	Verschillende technologieën nu al beschikbaar maar nog te duur en tot dusver niet nodig voor balancering omdat aandeel hernieuwbaar nog beperkt; Zowel productie als adviesdiensten relevant en aanwezig met name rond power to gas; Magnumcentrale als icoonproject; divers netwerk van organisaties betrokken maar directe werkgelegenheid en marktomvang nog zeer klein.
2. Systeemintegratie op gebouwniveau	Onderliggende technologieën zijn grotendeels bekend, maar ict als verbindende schakel is nog in ontwikkeling; verbinding van deze bouwstenen in totaalconcepten als 'Thuisbaas' en 'Ons huis verdient het' is nieuw. Terwijl de bestaande marktomvang van bouwstenen als isolatie groot is, is die van de totaalconcepten nog heel klein.
3. Systeemintegratie op wijkniveau	Innovatief is met name de systeemaanpak - hoe case per case, bestaande wijken energieneutraal maken - niet de onderliggende technologieën. Indien op middellange termijn meer wijken energieproducenten worden zal de uitdaging energieopslag worden (om de overstap van conventioneel naar duurzaam betrouwbaar te maken).
4. Carbon Capture and Utilisation (CCU)	CCS op land heeft beperkt maatschappelijk draagvlak, maar CCU heeft positiever image; Is nog vooral in R&D fase met enkele kleine pilots; divers netwerk van organisaties nu al betrokken; zeer beperkte marktomvang tot dusver.
5. Industriële symbiose	Gaat meer om optimalisering van samenwerking tussen energie-intensieve industrie onderling en met andere partijen dan om nieuwe technologie persé, daarvoor is goede basis aanwezig; Beperkt aantal icoonprojecten tot dusver, zoals Dow/Yara/ICL, Dow/Arcelor en SILVER in Limburg.
6. Geavanceerde hernieuwbare brandstoffen	De huidige productieschaal voor geavanceerde biobrandstoffen en brandstoffen uit artificiëlefotosynthese is nog vrij beperkt, doordat de benodigde technologieën zich vooral in lage TRL stadia bevinden. Er is echter wel degelijk vraag deze brandstoffen. Er zijn tevens voldoende organisaties betrokken bij het ontwikkelen van de relevante technologieën.
7. Elektrisch transport voor de residentiële markt	De markt voor elektrisch vervoer is in Nederland sterk in ontwikkeling en er zijn veel verschillende organisaties bij betrokken. De ontwikkelingen vinden plaats in de hele waardeketen, maar vooral in de implementatiefase. De totale bijdrage van elektrisch personenvervoer aan de Nederlandse economie m.b.t. omzet en werkgelegenheid is nog beperkt.

### 3.3 Opschaalcapaciteiten Nederland

Alle fiches scoren gematigd positief wat betreft opschaalcapaciteiten. Overal wordt geconstateerd dat de basisrandvoorwaarden in Nederland aanwezig zijn, zoals geografische nabijheid van industriële partijen ten opzichte van elkaar en ten opzichte van andere partijen (warmtenetten woningen, warmtebehoefte kassen). Daar staat tegenover dat in geen van de gevallen die basisrandvoorwaarden al hebben geleid tot een vliegwieleffect dat de innovatie al van de grond heeft doen komen.

In alle fiches worden ook specifiek Nederlandse knelpunten geconstateerd (zoals in regelgeving). Die staan naast knelpunten die niet specifiek zijn voor Nederland en die ook moeten worden opgelost voor het van de grond komen van de innovatie, zoals hogere CO<sub>2</sub> prijzen of een grotere beschikbaarheid van tijdelijke overschotten van hernieuwbare energie die gebruikt kunnen worden voor industriële symbiose. Bij geavanceerde biobrandstoffen kan het maatschappelijk draagvlak nog een knelpunt zijn. Een specifiek Nederlands knelpunt dat moeilijk grijpbaar is maar dat wel een rol kan spelen bij het tot stand komen van radicale innovaties is verder het feit dat Nederland op dit moment juist uitblinkt in, en concurrentievoordelen behaalt uit, de fossiele infrastructuur rondom gas en rondom aardolie. Terwijl rondom gas een omslagpunt zichtbaar lijkt dat wat betreft aardolie nog niet het geval. Hierdoor kan het tot stand komen van een post-fossiele industriële symbiose in de toekomst mogelijk worden belemmerd.

**Tabel 3-3 Belangrijkste observaties opschaalcapaciteiten Nederland per innovatiefiche**

Innovatiefiche	Observaties
1. Elektriciteitsnetwerken en opslag	Nog kennislacunes op verschillende basisgebieden (o.a. basismaterialen en elektrische apparaten), bestaande gasinfrastructuur als pré, meeste activiteit in power-to-gas, verder mogelijk kansen in productiemachines voor batterijen. Geen problemen met maatschappelijk draagvlak verwacht. Opschaling hernieuwbaar en voldoende hoge marktprijzen CO <sub>2</sub> als randvoorwaarden.
2. Systeemintegratie op gebouwniveau	Over het algemeen lijken de meeste condities voor opschaling van deze systeeminnovatie in Nederland aanwezig te zijn. De potentiële marktgrootte voor deze innovatie is enorm. Ook is er een stevige kennisbasis en aanwezigheid van randvoorwaarden, zoals goede beschikbaarheid van technologieën en zich ontwikkelende ICT. Er zijn echter ook nog knelpunten die opschaling in de weg staan, waarbij een gebrek aan stabiel, coherent overheidsbeleid en een gebrek aan experimenteeruimte door te strikte regels eruit springen.
3. Systeemintegratie op wijkniveau	De uitdaging bij opschaling worden de organisatiestructuur (wie wordt verantwoordelijk voor de coördinatie en heeft beslissingsbevoegdheid), gedragsverandering bij huishoudens, wie de rekening gaat betalen en hoe de bouw en installatiemarkt voldoende capaciteit kan genereren om dit voor elkaar te krijgen.
4. Carbon Capture and Utilisation (CCU)	Chemische industrie biedt goede uitgangspunten voor uitbouw, bouwmaterialen minder; CCU routes moeten nu nog concurreren met goedkopere fossiele routes; Onzekerheden rondom CCS (kolencentrales) belemmeren ook CCU; technologieën nog te duur maar niet al te ver van commercialisatie; groot marktpotentieel.
5. Industriële symbiose	Kennis op technisch en systeemniveau is voldoende aanwezig; cultuur van overleg (maar nog niet van vergaande samenwerking); geografische nabijheid van diversiteit aan producenten en afnemers; knelpunten vooralsnog o.a. in regelgeving en bestaande petrochemische concurrentievoordelen als mogelijk remmende voorsprong.
6. Geavanceerde hernieuwbare brandstoffen	Nederland heeft de benodigde kennis in huis om haar activiteiten rondom geavanceerde hernieuwbare brandstoffen op te schalen, over meerdere delen van de waardeketen. Echter, onzekerheid omtrent concurrerende technologieën (bijvoorbeeld elektrisch vervoer, H <sub>2</sub> , synthetische brandstoffen) en het gebrek aan maatschappelijk draagvlak beperken het opschalingspotentieel.

Innovatiefiche	Observaties
7. Elektrisch transport voor de residentiële markt	Het potentieel voor opschaling voor deze innovatie is gematigd positief. Nederland kan vooral bouwen op het maatschappelijk draagvlak voor elektrisch vervoer en het feit dat de potentiële marktgrootte aanzienlijk is. Er lijkt vooral opschalingspotentie te liggen in de implementatiefase.

### 3.4 Internationale concurrentie

Internationale concurrentie is in wisselende mate van belang voor de verschillende onderzochte systeeminnovaties. Woningbouw is, afgezien van de levering van sommige bouwmaterialen, lokaal gebonden en alleen de advies- en systeemoplossingen kunnen worden geëxporteerd. Daar staat tegenover dat industriële symbiose wellicht een factor kan zijn waarom een hele industrie zich wel of niet op een bepaalde locatie vestigt.

De fiches laten zien dat Nederland zich vaak in de middenmoot bevindt van landen die bezig zijn met systeeminnovaties. Alleen bij de elektrische transportinfrastructuur lijken, op afstand na Noorwegen, de Nederlandse uitgangspositie en ambities verder te gaan dan in veel andere landen. In sommige gevallen lijken specifiek Nederlandse concurrentievoordelen te bestaan, zoals de vrij homogene toepassing van gas en gasnetwerken in de gebouwde omgeving, die maakt dat structurele oplossingen eerder op een sjabloonachtige manier zullen kunnen worden uitgerold dan elders, of bestaande ontwikkelingen rondom CCS die in Nederland meer dan elders al gaande zijn en ook in het voordeel kunnen zijn van CCU.

Met name in Duitsland, Scandinavië zijn vergelijkbare ontwikkelingen bezig als in Nederland. Maar ook in veel andere landen (o.a. VS, Japan, China, Zuid-Korea) zijn op deelreinen belangrijke ontwikkelingen gaande. In geen van die landen lijkt sprake van een dusdanige voorsprong of marktdominantie dat Nederland hierdoor in het nadeel zou zijn. Het is wel zaak dat Nederland nu aanhaakt en actie onderneemt, voordat zo een marktdominantie door één of meer andere landen zal ontstaan. Tegelijk dient daarbij een balans gezocht te worden tussen samenwerking in de pre-competitieve fase en mogelijk concurrentie in de fasen daarna.

**Tabel 3-4 Belangrijkste observaties internationale concurrentie per innovatiefiche**

Innovatiefiche	Observaties
1. Elektriciteitsnetwerken en opslag	Duitsland en Denemarken als belangrijkste concurrenten met verschillende demoprojecten, o.a Kopernikus
2. Systeemintegratie op gebouwniveau	Denemarken, Frankrijk en Duitsland en in mindere mate ook Oostenrijk en Zweden zijn Nederland voor qua ontwikkeling van NOM concepten. Er is vooral een achterstand wat betreft de ontwikkeling van normen die compatibel zijn met kosteneffectieve realisatie van NOM gebouwen en de benodigde technologische expertise. Maar Nederland is wel één van de weinige landen met concrete doelstellingen voor energiezuinige renovaties.
3. Systeemintegratie op wijkniveau	Internationale concurrentie speelt geen belangrijke rol bij dit concept aan de productiekant vanwege de lokale verankering - wel kunnen het ontwikkelen van energieconcepten en advies een rol van betekenis spelen op internationaal vlak.
4. Carbon Capture and Utilisation (CCU)	Nederland is vooralsnog een van de koplopers op de markt van CCU/CCS met weinig concurrenten (vnl. Duitsland). Wel stagneren de ontwikkelingen op het gebied van CCS op het moment, wat ook nadelig kan zijn voor CCU.
5. Industriële symbiose	Denemarken, Zweden en Duitsland lijken al verder met industriële symbiose in eigen land, maar er is nog geen internationale markt waarin deze landen zouden domineren.
6. Geavanceerde hernieuwbare brandstoffen	Nederland heeft een goede positie wat betreft de biobased economy en bioraffinage in het bijzonder. Nederland lijkt qua ambities op het gebied van geavanceerde transportbrandstoffen echter niet voor te lopen op andere koplopers, waar vooral de Scandinavische landen toe behoren.
7. Elektrisch transport voor de residentiële markt	Nederland is internationaal een koploper op het gebied van elektrisch personenvervoer, zowel qua marktaandeel van elektrische voertuigen als qua laadinfrastructuur. Ambities voor verdere opschaling zijn vergelijkbaar met die van andere koplopers, zoals Noorwegen.

### 3.5 Kennisbehoefte

In sommige fiches zijn lacunes te zien in specifieke technologische kennisgebieden, zoals bij elektriciteitsnetwerken en -opslag of bij geavanceerde biobrandstoffen. In andere gevallen (gebouwde omgeving) is de basiskennis aanwezig, maar kunnen de bouw- en installatiebranche of installateurs aanvullende vaardigheden gebruiken om verschillende systemen aan elkaar te koppelen tot integrale concepten. Bij de fiches CCU en industriële symbiose gaat het vooral om het opdoen van praktijkervaringen met samenwerking en (her-)gebruik van product- en reststromen.

**Tabel 3-5 Belangrijkste observaties kennisbehoefte per innovatiefiche**

Innovatiefiche	Observaties
1. Elektriciteitsnetwerken en opslag	Kennis en vaardigheden ict, machinerie en halfgeleiders aanwezig versterking van basismaterialenchemie, energie- en aardwetenschappen en elektrotechniek nog van belang
2. Nul op de meter / gebouwniveau	Praktische expertise met het toepassen van innovatieve technologieën en de integratie daarvan, bij de betrokken bouw en-installatiebedrijven. Vooral het combineren van verschillende technologieën is hierbij een uitdaging, vanwege een gebrek aan brede technologische expertise. Ook is kennis vereist voor de ontwikkeling van betaalbare renovatieconcepten



Innovatiefiche	Observaties
	voor oude woningen met zeer lage energieprestaties.
3. Van gas los / wijkniveau	De basiskennis is aanwezig, maar vooral in de bouw- en installatiebranche dient deze verder te worden opgeschaald.
4. Carbon Capture and Utilisation (CCU)	Vooraf praktijkervaring wat betreft CCU-toepassingen op het gebied van chemie, industriële biotechnologie en bouwproducten dient ontwikkeld te worden.
5. Industriële symbiose	Kennis procesverbetering energie-intensieve industrie en heel nieuwe energiezuinige processen aanwezig; benodigd organisatorische kennis en ervaring om tot langdurige intensieve samenwerkingsverbanden te komen
6. Geavanceerde hernieuwbare transportbrandstoffen	Nederland heeft een sterke kennispositie op het gebied van landbouwtoepassingen, biotechnologie en raffinage en deze kennis beperkt zich niet alleen tot kennisinstellingen, maar is ook aanwezig in bedrijven. Expertise in de (grootschalige) productie van geavanceerde brandstoffen in praktijk kan duidelijk nog verder ontwikkeld worden.
7. Elektrisch transport voor de residentiële markt	Praktijkervaring m.b.t. de uitrol van laadinfrastructuur is al aanwezig, maar op het gebied ontwikkeling van innovatieve apparatuur lijkt Nederland minder sterk. Verder is er behoefte aan een groter aantal installateurs met expertise omtrent het combineren van lokale elektriciteitsproductie, energieopslag en laadapparatuur. Overige kennisbehoefte voor deze innovatie ligt met name op het gebied van R&D.

### 3.6 Uitkomsten interviews

Als verificatie van de gevolgde onderzoeksmethode zijn acht expertinterviews uitgevoerd. Bij de selectie van de te spreken experts is gelet op een spreiding van personen actief in de verschillende onderscheiden gebieden van systeeminnovatie. Ook zijn experts geselecteerd die niet nauw betrokken zijn bij de topsector (Tabel 3-6). De interviews steunen over het algemeen de methode en uitkomsten van het onderzoek. Wel worden een aantal belangrijke kanttekeningen geplaatst.

Tabel 3-6 Expert-interviews

Geïnterviewde	Organisatie
Pallas Agterberg	Alliander
Jan-Willem van de Groep	Innovator gebouwde omgeving
Herman Wagter	Connekt
Geert Verbong	Transitiestudies, TU Eindhoven
Richard van der Sanden	DIFFER, TU Eindhoven
Lucienne Crosse	Inno-energy
Hans Grünfeld	VEMW
Arash Aazami	Ondernemer energie en ICT / Singularity University

Het beeld van de geïnterviewden over de mate waarin de zeven innovatie-fiches een breed overzicht geven van benodigde systeeminnovaties in Nederland varieert. Een aantal gesprekspartners merkt daarbij op dat de fiches nog steeds te dicht bij de bestaande situatie blijven. De vraag is volgens hen meer hoe gestuurd kan worden op fundamentele disrupties, zonder het karakter van die disrupties nog te kennen.

Sommige gesprekspartners wijzen op specifieke innovaties die gemist worden, zoals solar fuels en synthetische brandstoffen en flat batteries. Ook geven ze aan dat verdienpotentieelstudies in het verleden er soms naast zaten. Zo zijn de ontwikkelingen op het gebied van de elektrochemie mede als gevolg van de studie van Roland Berger uit 2010 op een laag pitje gezet, terwijl die nu juist essentieel blijken voor opslagmogelijkheden. Verschillende geïnterviewden noemen bovendien dat ontwikkelingen op ICT-vlak essentieel zijn voor systeemtransities. Die zouden daarom nog in meer detail bekeken moeten worden.

Meest opmerkelijk is het beeld van de rol van de overheid dat de geïnterviewden geven. Vrijwel alle geïnterviewden geven aan dat die rol tot dusver te terughoudend is geweest en dat voor opschaling van de energietransitie en verdere systeeminnovaties een sterkere regierol van de overheid of een rol als aanjager van de markt door de eigen inkoop vereist is.

# 4 Conclusies

## 4.1 Algemene conclusies

De hoofdvraag van dit onderzoek is:

Waar liggen vanuit de maatschappelijke opgave om vanuit de vier energiefuncties (kracht en licht, hoge temperatuurwarmte, lage temperatuurwarmte, vervoer) toe te werken naar een CO<sub>2</sub>-arme economie in 2050 grote kansen voor het verdienvermogen van Nederland in 2030 en daarna?

We beantwoorden deze vraag aan de hand van de vier gestelde deelvragen. Daaraan voorafgaand trekken we een aantal algemene conclusies die uit dit onderzoek volgen. Zoals in hoofdstuk 1 aangegeven richten we ons daarbij op systeeminnovaties die staan naast de meer modulaire innovaties op verschillende technologie-gebieden die door PBL worden besproken (wind op zee, zon-PV e.a.)

- **Systeemtransities vragen meer om organisatorische en maatschappelijke vernieuwing dan om specifiek technologische vernieuwing**  
In veel van de onderzochte innovatiefiches gaat het niet zozeer om de ontwikkeling van individuele technologieën. Hoewel efficiëntere PV-systemen, warmtepompen of geothermie zeker nodig zijn voor een betaalbare en grootschalige transitie, gaat het veel meer om het bieden van, en om de organisatie van, totaaloplossingen op gebouw- en wijkniveau. Juist daar kunnen mogelijkheden zitten voor Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen. Het huidige innovatiebeleid richt zich nog sterk op de 'traditionele' bevordering van technologische innovaties, maar meer aandacht voor de organisatorische en maatschappelijke vernieuwing is nodig.
- **Nederland is op verschillende vlakken bezig met systeemtransities, maar de echte vernieuwingen moeten nog van de grond komen**  
Het onderzoek laat ook zien dat Nederland weliswaar bij alle relevante systeemtransities bezig is met innovaties, maar de huidige marktomvang van onderliggende innovaties die bij een systeemtransitie horen nog heel beperkt is. Ook is de samenhang van innovaties niet altijd duidelijk, zoals bij elektriciteitsnetwerken en opslag waar heel verschillende oplossingsrichtingen elkaar beconcurreren om een marktpositie. Waar het vaak om gaat is het doorpakken en opschalen bij implementatie van de innovatie.
- **Andere landen zijn ook bezig met systeemtransities, maar er is nog nergens sprake van dominante marktmacht**  
Het onderzoek laat ook zien dat in het buitenland verschillende ontwikkelingen gaande zijn wat betreft radicale systeeminnovaties. Dat geldt met name voor Duitsland en Scandinavië. Nergens zijn deze ontwikkelingen in een dusdanig gevorderd stadium dat hierdoor al sprake is van een dominante internationale concurrentiepositie of een 'niet meer in te halen' voorsprong bij de innovatie. Terwijl deze landen dan ook in de toekomst waarschijnlijk op internationale markten zullen concurreren voor wat betreft specifieke producten of diensten binnen de systeeminnovatie, zijn de landen nu vooral potentiële samenwerkingspartners voor het samen ontwikkelen en

uitwisselen van kennis op het gebied van radicale systeeminnovaties. Nederland moet dan wel de eigen ontwikkelingen doorzetten en een goede thuismarkt ontwikkelen om te voorkomen dat, zoals eerder bij de ontwikkeling van wind op land, een goede technologische uitgangspositie niet wordt doorgezet in een commerciële uitrol en opschaling van de innovatie in eigen land.

## 4.2 Conclusies ten aanzien van de deelvragen

Ten aanzien van de deelvragen trekken we de volgende conclusies:

### 1. Wat zijn vanuit de gezamenlijke innovatieopgave gezien de bestaande sterktes in Nederland ten aanzien van wetenschap, technologie en het bedrijfsleven?

Als we specifiek kijken naar systeeminnovaties is het nog niet mogelijk om, in aanvulling op de in eerdere verdienpotentieelstudies al gesignaleerde technologie-specifieke kansen, nu al heel specifieke en nauw omliggende marktniches te identificeren waarin Nederland nu al met grote waarschijnlijkheid zijn geld zal kunnen verdienen in 2050. Wel geven de innovatiefiches in dit onderzoek een goede indicatie van waar algemene sterktes van Nederland liggen om op de lange termijn verdienpotentiëlen te ontwikkelen die niet langer zijn opgebouwd op de traditionele bulk- en fossiele industrie of op de productie van grootschalige baseload-elektriciteit, maar die voortkomen uit, en bijdragen aan de radicale systeeminnovaties die in de toekomst noodzakelijk zullen zijn. Het gaat daarbij niet alleen om sterktes in wetenschap, technologie en bedrijfsleven, maar ook om andere randvoorwaarden waarvan Nederland kan profiteren bij toekomstige systeeminnovaties.

Belangrijke algemene sterktes van Nederland die in dit onderzoek zijn gevonden zijn met name:

- **Goede organisatiegraad van sectoren onderling, tussen verschillende sectoren en tussen wetenschap, technologie en bedrijfsleven**  
Nederland kent van oudsher een hoge organisatiegraad van industriële- en bedrijfssectoren in sectorale koepelorganisaties en productschappen. Daarbij komt een jarenlange samenwerking in de energiesector sinds 1990 en eerder, eerst in de Energietransitie en -platforms, later in de Topsector Energie. Wetenschap, technologie en bedrijfsleven zijn daarin verbonden en kennen elkaar. Omdat het bij systeemtransities veel meer om de verbindingen en organisatie gaat dan om de specifieke technologische innovaties, is dit een belangrijke randvoorwaarde als basis voor succesvolle ontwikkeling van verdienpotentiëlen uit systeemtransities.
- **Geografische nabijheid van verschillende industriële sectoren en afnemers in de gebouwde omgeving**  
Nederland is een klein land met compacte industriële clusters die ook nog in de nabijheid van potentiële afnemers en samenwerkingspartners in de gebouwde omgeving liggen. Dat biedt een uitstekend uitgangspunt voor bijvoorbeeld de systeemtransitie industriële symbiose.
- **Goede ICT infrastructuur, kennis en toepassing als basis voor balancerings van elektriciteitsnetwerken**  
Een kerntechnologie in veel systeemtransities is ICT. Kennis op dat gebied, de aanwezigheid van grote datacenters en een bevolking die vertrouwd is met internetgebruik zijn daarom belangrijke randvoorwaarden voor vrijwel alle onderzochte systeemtransities. Nederland voldoet aan al deze voorwaarden.

- **Een relatief uniforme gebouwde omgeving, die sjablonering en uitrol van succesvolle systeemaanpakken mogelijk maakt**

In vergelijking met veel andere landen is de Nederlandse omgeving vrij uniform, met grootschalige woningbouw, één gasnet dat de hele gebouwde omgeving beslaat en met warmtenetten op verschillende plaatsen. De relatieve gelijksoortigheid van die gebouwde omgeving in Nederland ten opzichte van andere landen biedt kansen voor de ontwikkeling van sjablonen in de aanpak die ook elders kunnen worden toegepast.

Tegelijk is ook één specifiek Nederlands potentieel knelpunt voor systeemtransitie onderscheiden in deze studie:

- **Mogelijk remmende voorsprong bij radicale transitie door bestaande fossiele concurrentievoordelen en sterk verankerde ‘fossiele cultuur’**

Dat Nederland van oudsher een ‘gasland’ is wordt algemeen erkend, maar Nederland is ook een ‘aardolie land’, met een grootschalige een grootschalige verwerking en doorvoer van aardolie en aardolieproducten in de havens. De succesvolle ontwikkeling van concurrentievoordelen gebaseerd op fossiel en de hierop gebaseerde ‘fossiele cultuur’ kunnen mogelijk een nadeel zijn bij het tot stand komen van radicale post-fossiele oplossingen in de toekomst.

Dit ‘Nederlandse’ knelpunt staat naast meer algemene knelpunten voor systeemtransitie die ook voor andere landen gelden, zoals een nog steeds (te) lage CO<sub>2</sub>-prijs in het Europese emissiehandelssysteem en een voldoende beschikbaarheid van hernieuwbare energie die op piekmomenten ook kan worden ingezet voor andere systeemtransities zoals industriële symbiose. Voor wat betreft dat laatste heeft Nederland overigens al een duidelijke weg uitgestippeld, met name door de grootschalige uitrol van wind op zee.

## 2. In hoeverre zijn deze bestaande sterktes te verdelen naar schakels in de waardeketen met de hoogste toegevoegde waarde (Shih smiling-curve)?

De Shih smiling-curve geeft aan dat onderdelen van de waardeketen als R,D&I en commerciële dienstverlening in de toekomst in belang zullen toenemen ten opzichte van de traditioneel dominante productiefase.

De fiches laten zien dat, zoals verwacht mag worden, onderzoek op dit moment een belangrijke rol speelt in de meeste onderzochte systeeminnovaties. Bij CCU en industriële symbiose gaat het daarbij om de optimalisatie van bestaande processtromen, vaak van bulkgoederen zoals bijvoorbeeld plastics of staal. Hier blijft de grootschalige productie dus ook in de toekomst een belangrijke rol spelen in de waardeketen. In het geval van elektriciteitsnetwerken en opslag gaat het om het toevoegen van tijdelijke opslagcomponenten aan het systeem en om optimalisering van het systeem zelf. Voor wat betreft het eerste speelt de productie zelf een rol, bij het tweede gaat het vooral om dienstverlening. Bij de innovaties nul-op-de-meter en van-gas-los gaat het vooral om lokale dienstverlening en om integratie van achterliggende productie, met name van innovaties in de bouwsector en van gebouwssystemen.

De onderscheiden algemene sterktes van Nederland passen bij deze ontwikkelingen. Naast de concurrentievoordelen die volgen uit de specifieke ruimtelijke ordening zijn de technologische

capaciteiten die nodig zijn als ondersteuning voor de energietransities in principe aanwezig. Ook is er al een dienstverlenende sector in ontwikkeling, zoals bijvoorbeeld bij de systeemtransitie nul-op-de-meter. Netwerken tussen organisaties die nodig zijn om systeemtransities op gang te brengen bestaan in Nederland ook al in voldoende mate.

Waar het met name nog aan lijkt te ontbreken in Nederland is onderzoekscapaciteit en ontwikkelingsvermogen die in staat zijn om de maatschappelijke en organisatorische kant van de systeemtransities voldoende te ondersteunen, zoals het interesseren en betrekken van bewoners in woonwijken voor het energieneutraal maken van hun woning of wijk, of het creëren van de randvoorwaarden voor langdurige en intensieve samenwerking in de industrie.

### **3. Hoe belangrijk zijn deze bestaande sterktes voor zowel de gezamenlijke als de individuele (functionele) innovatieopgave?**

De functionele opgave van de systeeminnovaties gezamenlijk is het (vrijwel) CO<sub>2</sub>-loos maken van de Nederlandse energievoorziening en te zorgen voor een betrouwbare levering van energie op ieder moment tegen prijzen die betaalbaar zijn voor de eindverbruikers. Tegelijk moet de energievoorziening nu en in de toekomst niet alleen zorgen voor werkgelegenheid in de sector zelf, maar veel meer nog een betrouwbare en betaalbare basis bieden voor werkgelegenheid en verdienpotentiëlen in andere sectoren. In een dergelijke situatie, waarbij sprake is van een steeds verdergaande integratie van elektriciteit, gas en warmte zijn verdere investeringen in systeeminnovaties essentieel.

De hierboven genoemde algemene sterktes zijn randvoorwaarden voor de systeemtransities die Nederland moet koesteren, maar ze zijn op zichzelf niet voldoende voor succes van deze transitie in Nederland. Het tot een succes maken van de energietransitie zit niet alleen in het bouwen op de in Nederland aanwezige sterktes, maar ook in het gericht aanpakken van (potentiële) knelpunten, zoals consistent, lange-termijngericht overheidsbeleid en een duidelijke regierol van de overheid als aanjager van radicale systeemtransities.

### **4. Wat betekent dit voor de verdienkansen van Nederland voor wat betreft de gezamenlijke als voor de vier individuele energiefunctieeliteiten in 2030 en daarna?**

Samenvattend en terugkijkend naar tabel 3-1 ontstaat het volgende beeld voor verdienkansen voor Nederland bij systeemtransities op de lange termijn:

#### **De hoogste scores en daarmee belangrijkste verdienkansen voor Nederland liggen bij de systeemtransities in de gebouwde omgeving op gebouw- en op wijkniveau (fiches 2, 3 en 7).**

De benodigde technologische kennis voor deze transitie is al grotendeels aanwezig en het gaat nu om de organisatie van systeemdiensten en de mobilisatie van afnemers. Van voordeel daarbij is dat van de gebouwde omgeving de omvang van de woning- en utiliteitsvoorraad nauwkeurig bekend is. Er is daarbij sprake van een grote potentiële afzetmarkt die ook een 'captive customer' is, want er zijn geen alternatieven voor verduurzaming van de bestaande woningvoorraad. Belangrijke vervolgstappen voor het creëren van lange-termijn verdienpotentiëlen voor Nederland hierbij zouden kunnen zijn de ontwikkeling van een aantal ook internationaal aansprekende 'icoonprojecten' en het trekken van lessen daaruit die kunnen leiden tot een sjablonering van aanpakken die ook in het buitenland kunnen worden ingezet. Ook de elektrische transportinfrastructuur scoort hoog wat betreft verdienpotentieel. Vooralsnog lijkt Nederland op dit gebied, na koploper Noorwegen, relatief ver met de implementatie van deze infrastructuur en zijn er ook ambitieuze uitbouwplannen.

**Relatief positief scoren ook de geavanceerde hernieuwbare brandstoffen (fiche 6).**

Kennisnetwerk, aanwezige chemische industrie en bestaande fossiele raffinagecapaciteit die omgebouwd kan worden tot bioraffinage dragen bij aan deze hogere score wat betreft verdienpotentieel. Kanttekening is wel dat het maatschappelijke draagvlak voor biobrandstoffen door de eerdere discussies rond eerste-generatie biobrandstoffen en de rol van genetische modificatie hierbij niet onomstreden lijkt.

**Ook positieve scores, maar relatief grotere onzekerheden bestaan er bij industriële symbiose en CCU (fiches 4 en 5) en bij elektriciteitsnetwerken en opslag (fiche 1).**

Voor wat betreft industriële symbiose en CCU zijn de grotere onzekerheid over het voortbestaan van de energie-intensieve industrie in de toekomst, de lage huidige marges en concurrentie van elders belangrijke knelpunten om grote investeringen te kunnen doen die hiervoor noodzakelijk zijn. Daar staat tegenover dat de kennis over CCS/CCU en de geografische nabijheid van industrieën ten opzichte van elkaar en ten opzichte van andere afnemers de basis kunnen zijn voor toekomstige verdienpotentiëlen op dit vlak in Nederland. Ook hier gaat het meer om het realiseren van een aantal grote en succesvolle voorbeeldprojecten dan om de technologische ontwikkeling op zichzelf. Wel speelt technologische innovatie op deze gebieden een grotere rol als bijdrage aan de systeemtransitie dan in het geval van de gebouwde omgeving. Het verder ondersteunen hiervan blijft hier dus van groot belang.

Ook bij integratie van elektriciteitsnetwerken en opslag is er nog veel onduidelijkheid, niet zozeer over het feit dat er opslag nodig is, maar meer over de vraag welk soort opslag hiervoor het beste geschikt is. De openheid van de Nederlandse elektriciteitsmarkt met de strikte afsplitsing van de netwerkorganisaties en de beschikbaarheid van ict-voorzieningen en kennis biedt goede randvoorwaarden om verdienpotentiëlen voor de toekomst verder te ontwikkelen. De focus daarbij voor de lange termijn zou dan ook meer kunnen liggen bij steun voor verdere ontwikkeling van ICT-diensten gericht op openheid en flexibiliteit dan op de afzonderlijke opslagsystemen zelf.

Tot slot, deze studie laat zien dat de Nederlandse energiesector en maatschappij voldoende randvoorwaarden bieden om ook bij radicale systeeminnovaties nog geld te kunnen verdienen aan export in de toekomst. Het is daarbij onmogelijk om nu al heel exact de specifieke niches aan te wijzen waarin dat zal gebeuren in 2050, maar een aantal koersrichtingen voor een systeemgericht innovatiebeleid voor de toekomst zijn nu al zichtbaar.





## Annex A - Literatuur

- AWTI (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie) (2016) Oppakken en doorpakken. Den Haag
- AWTI (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie) (2017) Onmisbare schakels - De toekomst van het toepassingsgericht onderzoek. Den Haag
- CE Delft (2014) Kansen voor warmte, Delft
- CE Delft/Triple E Consulting (2014) Review topsector energie, Delft/Rotterdam
- ECN & PBL (2011) Naar een schone economie in 2050: routes verkend
- ECN (2016) Nationale energieverkenning 2016
- Ecorys (2010) Versterking duurzame energiesector Nederland, Rotterdam
- Hekkert, M. (2011) Technological Innovation System Analysis - A Manual, Vrije Universiteit, Amsterdam
- Ministerie van Economische Zaken (2016) Energierapport - Transitie naar Duurzaam, Den Haag
- Motivaction (2016) Energievoorziening 2015-2050. Publieksonderzoek naar verduurzaming van energie & profielen van duurzame opties (deel B), Amsterdam.
- Natuur en Milieu (2016) Energietransitie in de hoogste versnelling. Utrecht. URL: <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/.../NM-Energievisie-juni-2016.pdf>
- PBL (2012) Naar een duurzamere warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in 2050. Den Haag
- PBL (2017) Nationale kosten energietransitie in 2030. Den Haag
- PBL (2017) Realisatie van klimaatdoelen: van lange termijn beelden naar korte termijn actie, Den Haag (in voorbereiding)
- Quintel (2017) De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie - Het verhaal, 8 maart 2017.
- RLI (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur) (2015) Rijk zonder CO2. Naar een duurzame energievoorziening in 2050. Den Haag. <http://www.rli.nl/publicaties/2015/advies/rijk-zonder-co2-naar-een-duurzame-energievoorziening-in-2050>

- Roland Berger (2010) Stimulering van de economische potentie van duurzame energie in Nederland TEC/CE Delft (2014).
- TNO (2015) Naar een toekomstbestendig energiesysteem: Flexibiliteit met waarde. Delft.
- TNO (2017) 'Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes'
- Trinomics, Ricardo, JIIP, DNV-GL & PwC (2017) Assessment of photovoltaics (PV).
- TSE (2016). Kennis en Innovatie Agenda 'Energietransitie en CO2-reductie' (intern document).
- TSE (2017) Digitalisering in het energielandschap. Data, the world's most valuable resource.
- Urgenda (2017) Nederland 100% duurzame energie in 2030 - Het kan als je het wilt / herziene uitgave, Rotterdam.
- VEMW (2016) 'Samen op weg naar minder. Hoe Nederlandse energie-intensieve bedrijven helpen om de CO2-uitstoot te verlagen'
- Wuppertal Institut (2016) Decarbonization Pathways for the Industrial Cluster of the Port of Rotterdam, Wuppertal.
- WWF (2011) The Energy Report - 100% Renewable Energy by 2050, Gland.

## Annex B - Overzicht uitkomsten eerdere verdienpotentieelstudies

Tabel 1 geeft een overzicht van de eerder uitgevoerde verdienpotentieelstudies door Roland Berger, Ecorys, CE Delft en TEC.

Tabel 1. Uitkomsten verdienpotentieelstudies 2010 - 2013

TKI	Corresponderende onderzochte sectoren (bij benadering)	Roland Berger 2010	Ecorys 2010	CE Delft 2013	TEC 2013
BBE	Biobrandstoffen (diesel en ethanol)	✓✓✓	✓✓✓		✓✓✓
	Bijstook				✓✓
	Bioraffinage				
	Vaste biomassa en afval		✓✓✓	✓✓✓	
Gas	Biogas				✓✓
	CCS				✓✓
	Waterstoftechnologie				✓
EnergO	Energiebesparing in de gebouwde omgeving		✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
	LED-verlichting				
	Isolatiematerialen				
	warmtepompen				✓✓
ISPT	Energiebesparing in de industrie		✓✓✓	✓✓✓	✓✓
	Industriële restwarmte				✓
Smart Grids (S2SG)	Smart grids			✓✓✓	✓✓
Solar Energy (SE)	Zon-PV	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
	Zon-thermisch				✓
	Zon-CSP (sterke link met TKI SE)				
Wind op Zee (WoZ)	Wind op zee	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
	Wind op land (sterke link met TKI WoZ)	✓✓✓			
Geen TKI	Micro-wkk				
	Hydro (hoogteverval)				
	Afvalwater				



# Annex C - Verantwoording scores indicatoren

## Indicatoren

Indicator	Score	Verantwoording score
<b>Bestaande situatie</b>		
Indicator 1: Fasen in waardeketen	-	Systeeminnovatie waarvan de onderliggende technologische innovaties nog in vroege TRL stadia zijn (TRL < 5)
	0	Systeeminnovatie met onderliggende technologische innovaties in de pilotfase (TRL 6-8)
	+	Systeeminnovatie waarvan meerdere onderliggende technologische innovaties grotendeels beschikbaar zijn (TRL = 9) en die op beperkte schaal al commercieel wordt ingezet in productie of dienstverlening
Indicator 2: Betrokken organisaties in Nederland	-	Eén of zeer beperkt aantal organisaties in Nederland betrokken bij de systeeminnovatie
	0	Verschillende organisaties in Nederland betrokken binnen één deel waardeketen (bijvoorbeeld alleen productie of kennis), geen omvattend netwerk
	+	Organisaties uit meerdere delen waardeketen in Nederland betrokken en samenwerkend netwerk (bijvoorbeeld samenwerking kennis, productie plus overheid)
Indicator 3: Huidige marktomvang	-	Systeeminnovatie is gebaseerd op subsectoren met een beperkte marktomvang (<1% BNP) of op meerdere subsectoren die nu een al aanzienlijke marktomvang hebben (> 1% BNP) en is in pilotfase
	0	Systeeminnovatie is gebaseerd op meerdere subsectoren die nu een al aanzienlijke marktomvang hebben (>1% BNP) en wordt op beperkte schaal al commercieel toegepast
	+	Systeeminnovatie zelf heeft al een aanzienlijke marktomvang (>1% BNP)
Indicator 4: Huidige werkgelegenheid	-	De systeeminnovatie levert op dit moment beperkte werkgelegenheid op, vooral in de onderzoeksfase
	0	De systeeminnovatie levert op dit moment beperkte werkgelegenheid op in de onderzoeksfase en in productie of commerciële toepassingen en dienstverlening
	+	De sector levert op dit moment grote werkgelegenheid op in onderzoeksfase, productie of commerciële toepassingen en dienstverlening
<b>Uitbouwpotentieel Nederland</b>		
Indicator 5: Benodigde kennis voor uitbouw	-	Nederland beschikt niet of nauwelijks over één of meerdere essentiële kennisgebieden nodig voor uitbouw van de systeeminnovatie
	0	Er zijn lacunes in kennisgebieden, maar een groot deel van de essentiële kennis is beschikbaar in Nederland
	+	Alle kennisgebieden noodzakelijk voor uitbouw van de innovatie zijn in voldoende mate aanwezig in Nederland
Indicator 6: Randvoorwaarden voor opschaling	-	In Nederland kan niet worden voldaan aan essentiële randvoorwaarden voor opschaling
	0	De randvoorwaarden voor opschaling zijn in principe aanwezig maar niet in zo een mate dat de opschaling hierdoor duidelijk gestimuleerd wordt

Indicator	Score	Verantwoording score
	+	De randvoorwaarden voor opschaling zijn aanwezig en fungeren als aanjager voor de innovatie
Indicator 7: Knelpunten bij opschaling	-	Er zijn specifieke knelpunten voor opschaling in Nederland die niet of nauwelijks oplosbaar zijn
	0	Er zijn specifieke knelpunten voor opschaling in Nederland aanwezig, maar die lijken oplosbaar
	+	Specifieke knelpunten voor opschaling in Nederland zijn niet aanwezig
Indicator 8: Verwacht draagvlak	-	Er bestaat nu al maatschappelijke weerstand tegen de innovatie en er zijn geen aanknopingspunten dat die in de toekomst minder zal worden
	0	Er is geen maatschappelijke weerstand tegen de innovatie en die wordt ook niet verwacht in de toekomst;
	+	De innovatie heeft nu al maatschappelijk draagvlak of een zichtbaar positieve connotatie bij het publiek
Indicator 9: Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt	-	Er is een beperkte uitbouwmogelijkheid voor Nederland; nieuwe technologieën en diensten moeten grotendeels ingekocht worden
	0	Uitbouw lijkt vooral op technologisch vlak of bij dienstverlening op systeemniveau mogelijk
	+	Zowel in de dienstverlening op systeemniveau als bij de onderliggende technologieën is uitbouw mogelijk
Indicator 10: Potentiële marktgrootheid	-	Sterke groei sector op basis van bestaand beleid onzeker
	0	Sterke groei sector lijkt waarschijnlijk op basis van bestaand beleid; innovatie zal deel van huidige sector omvatten
	+	Sterke groei sector is vrijwel zeker op basis van bestaand beleid; innovatie zal hele huidige sector omvatten
<b>Concurrentie buitenland</b>		
Indicator 11: Bestaande implementatie van de innovatie in het buitenland	-	Ontwikkelingen in Nederland blijven achter bij kopgroep en middenmoot van landen die bezig zijn met de innovatie
	0	Nederland behoort tot de middenmoot van landen die bezig zijn met de innovatie
	+	Nederland behoort tot de koplopers van landen die met de innovatie bezig zijn
Indicator 12: Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling	-	Er zijn duidelijke uitbouw- en ontwikkelingsplannen in het buitenland die verder gaan dan die in Nederland en die een achterstand van Nederland in de toekomst waarschijnlijk maken
	0	Uitbouwplannen in het buitenland zijn van een vergelijkbaar niveau als die in Nederland
	+	Uitbouwplannen in Nederland zijn duidelijk groter dan die in het buitenland

### Eindscores

De eindscores voor iedere fiche zijn bepaald door de scores van alle indicatoren per fiche bij elkaar op te tellen, waarbij ‘-’ is gescoord als nul punten, ‘0’ als één punt en ‘+’ als twee punten. Voor twaalf indicatoren is de maximale score voor alle indicatoren samen dus 24 punten. In de tabel is procentuele score ten opzichte van de maximale score weergegeven.

# Annex D - Interviews

De volgende expertinterviews zijn uitgevoerd in het kader van dit onderzoek:

	Geïnterviewde	Organisatie	Datum interview
1	Pallas Agterberg	Alliander	24 augustus
2	Jan-Willem van de Groep	Innovator gebouwde omgeving	31 augustus
3	Geert Verbong	Transitiestudies, TU Eindhoven	6 september
4	Richard van der Sanden	DIFFER, TU Eindhoven	6 september
5	Herman Wagter	Connekt	6 september
6	Lucienne Crosse	Inno-energy	11 september
7	Hans Grünfeld	VEMW	12 september
8	Arash Aazami	Singularity University	15 september

## 1. Interview Pallas Agterberg, directeur strategie Alliander

Datum: 24 augustus 2017

### Achtergrond en exporteerbare systeemvoordelen Nederland

Pallas Agterberg heeft een achtergrond in organisatiekunde en -verandering en werkte eerst bij Nuon, onder meer aan opdrachten op ICT gebied. Vanuit haar achtergrond en huidige functie ondervond ze direct de gevolgen van de splitsing van energiebedrijven in Nederland, die hier veel strikter is doorgevoerd dan in andere landen. De splitsing zorgde onder andere voor de noodzaak tot een grote cultuuromslag binnen de energiesector. Bij dat 'ontvrienden' van eerder samenwerkende onderdelen van één organisatie ontstonden uiteenlopende belangen. Waar NUON nu vooral een commercieel gerichte organisatie is, heeft Alliander publieke waarden als belangrijk uitgangspunt - zonder daarbij uit het oog te verliezen dat het ook een commercieel bedrijf is. Een duurzame, betrouwbare en betaalbare energievoorziening voor alle klanten staat daarbij voorop.

Een belangrijke pré van de strikte splitsing is dat Nederland daardoor een energiesysteem heeft dat veel opener is dan in andere landen, waarin naast grote aanbieders ook consumenten een plek hebben als mogelijke aanbieders van elektriciteit. Die openheid moet gekoesterd worden in Nederland en is op zichzelf een belangrijke systeemvoorwaarde voor verandering die Nederland uit kan dragen als voorbeeld voor andere landen. Bijzonder is daarbij ook dat Nederland met gas toch al duurzamer was dan andere landen, maar dat er nu al gezocht wordt naar alternatieven waarbij de bestaande gasnetten vervangen gaan worden door andere opties.

### Keuze fiches in relatie tot verdienpotentiëlen

Pallas Agterberg ziet twee fundamentele systeemtransities die Nederland door gaat maken. Aan de ene kant is dat een transitie in de gebouwde omgeving, die nu een centraal gestuurde energievoorziening kent, maar die veel meer zal verschuiven naar een netwerk van zelfproducerende eenheden op gebouw- en wijkniveau die allemaal met elkaar gecoördineerd moeten worden in de netwerken. Bij die transitie in de gebouwde omgeving hoort ook een geïntegreerd personentransport. De tweede grote transitie is die van industrie en vernieuwing van logistiek van goederen en ketens. Daarbij gaat het om

soms heel fundamentele veranderingen waarvan de volledige consequenties nu nog lastig zijn te overzien, zoals een mogelijke transitie 'van bakstenen naar bacstenen', waarbij het maken van bakstenen in de toekomst mogelijk op een veel minder energie-intensieve manier zal kunnen gebeuren via bacteriële processen of staalproductie in de toekomst vooral via recycling zal verlopen.

Essentieel is daarbij om het systeemkarakter te zien: Nederland is het tweede exportland wereldwijd van komkommers en tomaten. Nu wordt er geïnvesteerd in energiezuinige kassen om de producten zelf te kunnen produceren en vervolgens te vervoeren. In de toekomst zal het misschien veel meer gaan om de essentie van die producten: de zaden en de kennis en 'software' om een omgeving voor die zaden te creëren waarin ze optimaal kunnen groeien.

De fiches blijven daarbij nog te dicht bij de bestaande situatie. Bijvoorbeeld in het fiche 'elektriciteitsnetwerken en opslag' is niet zozeer de batterijproductie van belang, maar veel meer de kennis over hoe je een open systeem inricht. Daarbij moet voorkomen worden dat je te veel op de 'hardware' richt, zoals batterijen, en daarvoor een regulering creëert die dit soort oplossingen stimuleert. Dat geldt in het bijzonder voor capaciteitsmechanismes zoals die in andere landen in de afgelopen tijd zijn geïntroduceerd. Zulke systemen belonen opslagmogelijkheden, maar creëren ook inflexibiliteit in het systeem.

Een elektriciteitsmarkt waarin grote prijsspieken leiden tot aanbod- en vraagreacties is veel beter, want die zal vanzelf leiden tot creatieve oplossingen van aanbieders waarvan de aard op dit moment nog niet voorspeld kan worden. Alliander onderzoek laat zien dat die reacties ook snel kunnen komen, binnen een periode van globaal vier maanden zijn volgens dat onderzoek al voldoende reacties te verwachten. Voorwaarde is dan wel dat je de juiste ICT voorzieningen tot je beschikking hebt. Met grote datacenters rond Amsterdam is Nederland daarin nu al één van de koplopers. Die positie zou je moeten uitbouwen, wat weer een andere exportmogelijkheid voor Nederland zou inhouden.

## Vernieuwing innovatiebeleid

De huidige vorm van energiebeleid gaat via prijsprikkels met subsidies en CO2 beprijzen. Dit leidt tot een kostenverhoging van het totale systeem. Als dit bij de industrie terecht komt, gaan ze failliet. Dan heb je dus voor niks geïnvesteerd in de grootschalige opslag, CCS of dure netten. Als de rekening bij de consument komt, gaat dit ten koste van economische groei. Tegelijkertijd is juist de ontwikkeling in energietechnologie dat er decentrale oplossingen mogelijk zijn. Hier kan je goed gebruik van maken als naar het vernieuwen van productieprocessen kijkt. En de industrie moet toch innoveren, vanwege de opkomst van smart technology. Er komen disrupties aan, maar laat ze je niet overvallen. Je kan ze ook veroorzaken. Door te selecteren in welke sectoren je een goede uitgangspositie hebt, kan je daarin echt investeren - smart en sustainable gaan dan hand in hand. Denk hierbij aan duurzame bouw, landbouw, datacenters (een groeimarkt!) of basischemie.

Voor EZ betekenen de systeemtransities die er aan zitten te komen een nieuwe vorm van industrie- en innovatiebeleid, waarbij heel uiteenlopende ingrediënten bij elkaar moeten worden gebracht. Duidelijk is dat er heel grote disrupties aan zitten te komen, maar we weten nog niet welke. Je moet daarom de manier van organiseren zien te vinden om de beste voedingsbodem voor die disrupties te creëren.



## 2. Interview Jan Willem van de Groep, innovator gebouwde omgeving

Datum: 31 augustus 2017

De afgelopen 6 jaar was Jan Willem verbonden aan het programma Energiesprong en werkte hij aan het verduurzamingsvraagstuk van de gebouwde omgeving. Binnen het programma Energiesprong richtte hij zich op het versnellen van radicale innovaties door ondermeer de introductie van een nieuwe industrieel sectormodel. Hij is onder meer bedenker en initiator van de Stroomversnelling, een initiatief waarbij de bouw- en corporatiesector door middel van radicale innovaties binnen 5 jaar 111.000 woningen willen renoveren naar het niveau Nul op de Meter.

Jan Willem is op dit moment nog op de achtergrond betrokken bij de Stroomversnelling<sup>15</sup> en Energiesprong<sup>16</sup>. Hij is daarnaast één van de founders van Factory zero<sup>17</sup>. Een nieuw soort bedrijf geschoeid op zijn visie. Factory Zero heeft de ambitie om binnen vijf jaar marktleider te zijn op het gebied van woning-make-overs. Daarnaast is Jan Willem mede oprichter van ARXlabs<sup>18</sup>. Een bedrijf dat zich richt op het aanjagen van innovatie in de bouw. Jan Willem werkt graag samen met gepassioneerde studenten. In dat kader heeft hij Challenge the future<sup>19</sup> opgericht. Een stichting die jaarlijks studenten uitdaagt tot oplossingen voor bestaande producten met een ongekende lat voor wat betreft de verhouding tussen prijs (extreem laag) en kwaliteit (extreem hoog).

---

<sup>15</sup> Stroomversnelling is voortgekomen uit het innovatieprogramma Energiesprong en de Deal Stroomversnelling. Het doel van Energiesprong is om op grote schaal vraag en aanbod te laten ontstaan voor gebouwen zonder energienota: woningen, kantoren, scholen en gebouwen van zorginstellingen. De focus in woningbouw is de laatste zes jaar verschoven van 60 tot 80 % energiereductie naar Nul op de Meter. In 2013 is de Deal Stroomversnelling getekend, een initiatief van bouwers en woningcorporaties, om de Nul op de Meter renovatie van 11.000 huurwoningen mogelijk te maken. In 2015 is de vereniging Stroomversnelling opgericht om Nul op de Meter verder te brengen en op grote schaal mogelijk te maken voor bestaande bouw en nieuwbouw. Wij doen dit samen met het Stroomversnellingsnetwerk dat bestaat uit ambitieuze bouwers, toeleveranciers, corporaties, gemeentes, financiers, netbeheerders en anderen betrokken partijen. Stroomversnelling vindt dat iedere woningeigenaar in Nederland moet kunnen kiezen voor een mooie, comfortabele en betaalbare woning.

<sup>16</sup> Innovatieprogramma Energiesprong is een aanjager: een innovatieprogramma dat Platform31 tot eind 2016 uitvoert in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). Doel van het programma is om op grote schaal vraag en aanbod te laten ontstaan voor gebouwen zonder energienota: woningen, kantoren, scholen en gebouwen van zorginstellingen. Daarvoor jagen we de markt aan en benutten we kansen die we in de markt zien ontstaan om een transitie te maken. Het vertrekpunt is dat er met name een verandering in het proces en de werkwijze in de bouw nodig is: andere uitvraag, beter aanbod, meer financiële mogelijkheden, aangepaste wet- en regelgeving én een andere zienswijze.

<sup>17</sup> Bouwen en renoveren moet sneller, goedkoper en duurzamer. Dat vraagt om een radicale verandering van de heersende bouwpraktijk; van het traditionele ambacht naar de toepassing van 21e eeuwse technologie. Voor Factory Zero zijn design, innovatie en de toepassing van industriële productieprocessen de basis voor het creëren van ongekende klantwaarde. Daarmee vult Factory Zero een gat tussen enerzijds de bouwer die is gefocust op het leveren van productiecapaciteit en anderzijds die van de industrie die is gefocust op massaproductie van op zichzelf staande bouwproducten. Factory Zero heeft de overtuiging dat alle Nederlandse huishoudens binnen 20 jaar in een energie neutrale woning kunnen wonen en dat wij binnen 5 jaar kunnen uitgroeien tot grootste concurrent van het fossiele energiebedrijf. Wij leveren de producten die nodig zijn voor complete woning-make-overs, in één dag geassembleerd en grotendeels gefinancierd door de energierekening van de bewoner

<sup>18</sup> ARXlabs heeft de visie dat de bouw heel goed in staat is én moet zijn om veel meer (meer-)waarde te bieden tegen aanzienlijk lagere kosten (Total Costs of Ownership). ARXlabs wil van de bouw een maatschappelijk relevante bedrijfstak te maken. De kracht van ARXlabs ligt in de samensmelting van design en techniek, en een multidisciplinaire aanpak. Design betreft niet alleen de vorm en het uiterlijk, maar ook het maakproces en de gebruiksvriendelijkheid van het eindproduct, het gebouw. ARXlabs heeft als missie om te zoeken naar nieuwe technologieën, nieuwe concepten en nieuwe procesbenaderingen die zullen bijdragen aan betere plekken om (in) te wonen, te werken, te zorgen en te recreëren en die daarnaast kosten reducerend zijn. ARXlabs zoekt per definitie de samenwerking met andere partijen zowel binnen als buiten het speelveld van de bouw. Partijen die gemotiveerd zijn om kennis te halen, kennis te brengen, waarde-creatie over en weer. ARXlabs wil dynamiek, voortdurend verbeteren, gedragen door alle belanghebbenden. Daarom is de verspreiding van kennis in welke vorm dan ook een belangrijk onderdeel van de formule, om zodoende een breed draagvlak te creëren.

<sup>19</sup> We live in a fast-changing environment. Technology is exponential and we haven't even reached 1% of the possibilities technology will bring us. Challenge the Future aims to stimulate innovation to find these new possibilities in different markets. Challenge the Future believes that putting the brightest students together with the right partners brings about breakthroughs and solutions that once seemed unimaginable. Impossible.

Challenge the Future believes that you can change and achieve what you aim for. But you cannot do that alone. Without the right help, you will miss your target. Challenge the Future creates an environment where the right people are brought together so one can hit bulls-eye.

The construction industry can improve significantly. It can be better, faster and cheaper. The industry needs innovation and industrialization as a starting point to create more customer value. In the whole construction chain, the focus is too much on providing production capacity instead of focussing on the development of customer-oriented products. With this year's challenge, we want to radically disrupt this industry by building a home for just 25.000 euro (in het interview sprak hij over 30k). A home which will be a totally new, yet to invent product. As impossible as this may seem, this is the future of housing.

## Visie

De visie van Jan Willem is dat de bouwsector de komende jaren razendsnel zal veranderen. Van een traditionele bouwnijverheid naar een slimme en hoogtechnologische bouwindustrie. Nieuwe (productie) technologieën, materialen en software staan aan de basis van ongekende mogelijkheden. Jan Willem verbindt de opgaven die spelen binnen de overlappende domeinen bouwen, wonen, mobiliteit en energie met die ontluikende bouwindustrie. De noodzakelijke en onontkoombare beweging naar innovatie en industrialisatie in de bouw kan hij op een treffende manier illustreren in zijn presentaties. De meest inspiratieve gedachte voor Jan Willem is het zogenaamde Gandhiaans innoveren. Dat betekent innovatie bewerkstelligen met zo min mogelijk middelen, een schijnbaar onhaalbaar ambitieniveau en lonkende perspectieven.

JW vindt dat de 13 miljard euro die jaarlijks door NL gezinnen aan energie wordt uitgegeven, de basis is om toekomstige scenario's te berekenen (cf. terugverdienmodel). Je moet ook niet op de bouwsector willen terugvallen want deze zijn conservatief en vandaag factor 4 tot 5 te duur. Hij verwacht dat we in de richting gaan van 65% all electric, 30% duurzame warmte en 5% bio.

Belangrijk nu is om de goede condities te creëren voor financiering.

Een mogelijkheid voor de overheid is om bv 2 miljard euro (is het geld dat vandaag in energietransitie wordt gestoken maar weinig oplevert) te steken in het opzetten van tenders om bv 10.000 woningen energieneutraal te maken (cf succes met wind op zee). Ook kunnen woningen gerenoveerd worden via het aanwenden van belegd geld dat weinig opbrengt (600.000 woningen).

We moeten de bouwsector uitdagen om renovatieconcepten te ontwikkelen per type woning (om opschaling te creëren) - NL staat vol huizen van dezelfde type woningen. Verder ziet hij ook dat de woningcorporaties langzaam vooruitgang boeken (elke 25 jaar is er wel een renovatiegolf - nu richting label D). tevens dient er een groot onderscheid gemaakt te worden tussen hoogbouw (60%) en laagbouw (40% van de woningen van corporaties) - iest dat AEDS nog altijd niet ziet.

Kosten van renovatie moeten in eerste instantie van 60k naar 45k. Dit kan door te standaardiseren (schaaleffecten) - min 10.000 woningen per jaar en door de condities te creëren (BZK, EZ) om schaalgrootte te bekomen. EZ moeten ondernemers helpen om schaal te maken eventueel via wet - en regelgeving ondersteuning van product aanbod (d.m.v. financiering).

Volgens JW is er voldoende vraag maar is er onvoldoende aanbod aan redelijke bedragen (aanbod moet in relatie staan met de waarde van de energierekening).

## Stroomversnelling/Nul op de meter

(van de website van Jan-Willem van de Groep, 2016)

### Waar staan we en waar gaan we naar toe

De condities waarbinnen NulOpDeMeter proposities kunnen worden ingekocht door woningcorporaties worden steeds gunstiger. Aan de andere kant groeit ook het besef dat de aanbieders nog niet juichend strooien met marktrijpe proposities die passen bij de voorwaarden die corporaties stellen. Ook de perspectieven die er zijn voor de particuliere markt lijken nog ver weg bij dit innovatietempo. Dat roept vragen op. Vragen over waar we staan en waar we naar toe gaan.

### **Wat was het plan?**

De beweging die door Energiesprong in gang is gezet gaat feitelijk over veel meer dan energiebesparing en decentrale opwekking. Het is een beweging die de hele sector op z'n kop zet. Uitgangspunt was dat het sectormodel moest veranderen om bouwers onderdeel van de oplossing te maken in plaats van onderdeel te laten zijn van het probleem. De Stroomversnelling heeft die beweging aanzienlijk versneld. Het idee was om de bouwers stapsgewijs aan te zetten tot het bedenken en produceren van betere, goedkopere oplossingen met een gegarandeerde prestatie. De volgende stappen waren daarbij voorzien: Innoveren en Partnering, Industrialiseren, Nieuwe rol in supply-network

Deze stappen zouden moeten leiden tot oplossingen waarbij het voor particuliere woningeigenaren mogelijk wordt om hun energierekening in te leveren voor een make-over van het huis. Dat betekent een kostenreductie van nog eens ca. 40% op de prijs die nu, gemiddeld, wordt gerealiseerd binnen de Stroomversnelling Huur.

### **Waar staan we nu**

#### ***Innoveren en Partnering***

De definitie van innovatie kan in dit geval ruim opgevat worden. In de bouw is namelijk als snel iets innovatief. Wat we veel hebben gezien in de fase van prototyping zijn nieuwe combinaties van bestaande technologieën. Er is vooral ingezet op slimmer en geïntegreerder werken. Het instrument prototyping is gebruikt om te oefenen en faalfactoren op te sporen. Bij slechts één concept is het gebruikt om nieuwe technologieën uit te proberen.

Voor wat betreft partnering zijn er twee belangrijke kanttekeningen. Bouwers vinden het moeilijk om echte partners te kiezen en houden traditioneel meerdere partijen aan het lijntje. Er is weinig sprake van partners die risicodragend mee participeren in de ontwikkeling van nieuwe technologieën en proposities. Daarnaast wordt er vooral samengewerkt met partijen uit de 'first tier'. De onderaannemers, installateur, applicateurs en groothandel. De verbinding met de maakindustrie komt moeizaam tot stand. De proces georiënteerde toeleveranciers maken andersom moeilijk contact met de projectgeoriënteerde bouwers. Dat heeft te maken met cultuurverschillen, de zekerheid over concrete aantallen en de onzekerheid over een robuust partnership.

Conclusie, innovatie stokt, lange termijn garanties kunnen niet worden waargemaakt, prijzen gaan niet significant omlaag,

#### ***Industrialiseren***

Aan industrialiseren zijn de bouwers nog niet toe. Alle producten worden nog gemaakt in traditionele prefab fabrieken. Dat is in deze fase nog niet zo gek. Wel ontbreekt het de meesten aan een visie hoe die opschalingslag gemaakt gaat worden en in welke orde van grootte die moet plaatsvinden. Ook voor het doorrekenen van industrialisatie-effecten en de vertaling naar leercurves is bar weinig expertise in huis gehaald bij de bouwers. Laat staan dat ontwerp- en engineeringkeuzes worden gemaakt op basis van beschikbare kennis over factory-technology, factory-layout en factory-design.

#### ***Nieuwe rol in supply-network***

Het idee is dat bouwers de rol van system integrator pakken. Zij zijn de partij die vanuit een conceptuele visie op een eindproduct, de toeleverende industrie uitdaagt om nieuwe producten te ontwikkelen. Producten die nog niet in de catalogus staan. Producten die ontwikkeld worden met nieuwe materialen, nieuwe dimensies en nieuwe productietechnologieën. Aan dit hoofdstuk zijn de bouwers nog lang niet toe. Sterker nog, het wordt steeds duidelijker dat de meeste bouwers de rol van System Integrator niet zullen pakken.

## Duiding

Hoe ver gaan de huidige generatie aanbieders komen? Dat is de grote vraag die iedereen bezighoudt en waarop antwoord gevonden moet worden. Dat is vooral belangrijk voor partijen die proberen deze beweging te versnellen, te faciliteren en te conditioneren. Daarnaast is men binnen de Stroomversnelling op zoek naar manieren om de toeleverende industrie een positie te geven en te koppelen aan de ontwikkelvragen van aanbieders. Het is in die zin belangrijk om enige duiding te geven aan de positie van de huidige generatie aanbieders en de mogelijkheden die zij nog hebben om zich door te ontwikkelen. We nemen als uitgangspunt dat aanbieders nu vooral bezig zijn met de ontwikkeling van de eerste generatie proposities. Die eerste generatie heeft veel moeite om industrialisatie en systems engineering te implementeren. Dat heeft vooral te maken met de gekozen schaal en de manier waarop invulling wordt gegeven aan het begrip partnering. De tweede generatie zal onmiskenbaar andere kenmerken moeten hebben willen we de doelstellingen halen.

## 3. Interview Geert Verbong, hoogleraar Transitiestudies, TU Eindhoven

Datum: 6 september 2017

Geert Verbong werkt aan de TU Eindhoven als hoogleraar Transitiestudies bij de School of Innovation Sciences. Hij heeft met name ervaring op het gebied van energietransities en recenter ook op het gebied van mobiliteit. Hij is onder meer auteur van 'Een kwestie van lange adem: de geschiedenis van duurzame energie in Nederland' (2001).

### Methodiek rapport

De keuze voor de zeven systeeminnovaties in het rapport is een goede, maar daarbij moet wel opgemerkt worden dat die systeeminnovaties steeds meer in elkaar overlopen. Zo valt innovatie op wijkniveau nauwelijks te scheiden van die op gebouwniveau of van de innovaties bij elektriciteitsnetwerken. Mobiliteit staat daarentegen weer iets losser van de andere systeeminnovaties. Belangrijkste is dat er gezorgd wordt voor een goede integratie van de systeeminnovaties, dat is nu nog te weinig het geval. De drie thema's voor de indicatoren (huidige situatie, uitbouwcapaciteit, concurrentie) zijn ook goed gekozen. Interessant is dat ook de internationale concurrentie wordt meegenomen, want die wordt vaak vergeten.

Bij het rapport als geheel geldt natuurlijk wel de kanttekening dat we niet weten wat een 'eindtoestand' in 2050 zal zijn. Ook bestaat 'de' energietransitie niet. De paden op weg daarnaartoe kunnen heel verschillend zijn. In dat opzicht is de vraag die EZ stelt over verdienpotentiëlen in 2050 dan ook een heel moeilijke. Ook is het rapport misschien te veel technology-driven. Het zou zich nog meer op de vraagkant kunnen richten en proberen in te gaan op de vraag hoe maatschappelijke veranderingen in de komende decennia die vraag gaan veranderen.

### Hoofdconclusies rapport

De gebouwde omgeving lijkt inderdaad relatief kansrijk wat betreft verdienpotentiëlen, en risico's in de industrie zijn naar verwachting groter dan die in de gebouwde omgeving. Er is op dit moment sprake van een richtingstrijd tussen twee hoofdroutes voor energietransitie. Aan de ene kant is dat de 'all-electric' route, aan de andere kant zijn dat de warmtenetten met opslag. De uitkomst van die strijd is bepalend voor verdienpotentiëlen in de toekomst.

Belangrijk is om op te merken dat het op dit moment ontbreekt aan regie bij het ministerie van EZ om de energietransitie te sturen, alles wordt aan de markt of aan andere partijen, zoals bijvoorbeeld gemeentes de leidende rol krijgen in de transitie naar een aardgasloze gebouwde omgeving, overgelaten. Maar zonder regie zal er geen opschaling mogelijk zijn, zeker voor wat betreft de gebouwde omgeving en LT warmte. Tegelijk vinden er ook allerlei interessante autonome ontwikkelingen plaats, zoals de ontwikkeling naar lokale energiemarkten en autonomie van netten en woningen ('nul op de meter'). Dat mag volgens EU regulering, maar EZ lijkt er niet blij mee te zijn. Ook daar wordt niet op gestuurd. De grootste barrière voor de energietransitie is daarom misschien wel EZ zelf.

De conclusie dat er vooral een organisatorische en maatschappelijke vernieuwing nodig is voor energietransitie klopt helemaal. Systeeminnovatie vraagt om zo een vernieuwing en daarvoor moeten politieke keuzes worden gemaakt. Niet alles kan via de markt worden geregeld of alleen worden gefaciliteerd. Energie is belangrijk om alleen aan de markt over te laten.

Je ziet overigens dat zowel het nationale als het internationale discours over bepaalde energieonderwerpen aan het verschuiven is. Een paar jaar geleden was het nog onmogelijk geweest dat het NOS journaal zou openen met een item over dat de gebouwde omgeving niet langer op gasnetten aangesloten zou moeten zijn. Nu gebeurt dat gewoon. En een artikel zoals recent in de Economist over het einde van de verbrandingsmotor was een paar jaar geleden ook nog niet denkbaar.

## Deelvragen rapport

ICT - komt in het rapport eigenlijk iets te weinig aan bod. De disruptieve potentie van deze systeeminnovatie hier is veel groter dan wat in het rapport wordt aangeduid, want de energiewereld wordt steeds meer 'data-driven'. Met blockchain technologie kun je bijvoorbeeld in de toekomst heel nieuwe peer-to-peer afspraken maken zonder de tussenkomst van intermediairs zoals banken. Auto's leveren al gigabytes aan informatie op die er om vraagt om verwerkt te worden. Daar zou nog een nader onderzoek naar nodig zijn.

Sociale acceptatie - het gaat niet alleen om sociale acceptatie van nieuwe technologieën. Dat is te veel van de technologiekant bekeken. Als je het van de vraagkant bekijkt, dan gaat het om het betrekken van bewoners, dus om participatie. Als je je daarop richt, dan blijkt het dat bewoners vaak heel andere prioriteiten hebben dan energie. Je moet ze bijvoorbeeld motiveren via sociale cohesie of via comfortverhoging.

Energiecoöperaties - die vallen niet in het vakje 'incrementele' innovaties, maar kunnen wel degelijk een radicaal en systeemkarakter spelen doordat burgers hier van passieve 'consument' tot actieve 'producent' (of 'prosumert' worden).

CCU/CCS en biobrandstoffen - Beide technologische opties hebben weinig maatschappelijk draagvlak. De tweede generatie biobrandstoffen komt al niet van de grond, laat staan verdere generaties. Maar iedere technologie zal bij opschaling te maken krijgen met maatschappelijk verzet, dat geldt net zo goed voor zonnepanelen. CCS is bovendien niet radicaal, maar eerder incrementeel, want kan gezien worden als een manier om de bestaande status quo voort te zetten.

Netwerken - bestaande netwerken leveren niet altijd een bijdrage aan innovatie, maar kunnen juist ook proberen om de bestaande status quo te handhaven.

Aardolie - de transitie weg van aardolie is ook al behoorlijk aan de gang als je kijkt wat er al allemaal gebeurt op het gebied van elektrisch rijden, of bussen en trucks die op waterstof of CNG rijden.

Attitudes - in de afgelopen jaren heeft er in Nederland wat betreft sociaalwetenschappelijk milieuonderzoek te veel een nadruk gelegen op psychologie en op attitudes. Duurzaamheid is alleen één motivatie om iets te doen. Vaak wordt ons gedrag veel meer bepaald door de routines die we hebben. Een aanvullende sociologische benadering is daarom nodig.

## **4. Interview Richard van de Sanden, directeur DIFFER & Hoogleraar TU/e Plasmafysica en Chemie**

Datum: 6 september 2017

### **Leiderschapsrol overheid met concrete visie en doelstellingen**

Richard van de Sanden proeft in het huidige project van EZ een houding van wat hebben we nu in Nederland en hoe kunnen we daar in de toekomst geld aan verdienen. Echter, 'wat we nu hebben is misschien niet belangrijk in de toekomst', dus in plaats van deze reactieve houding zou EZ zich aldus Van de Sanden beter af kunnen vragen wat we in de toekomst willen bereiken en nodig hebben.

Grootschalige uitdagingen zoals klimaatverandering vergen politiek leiderschap en een duidelijke visie met concrete doelstellingen, oftewel: 'Regering, regeer!'. De huidige situatie kan vergeleken worden met de periode na de watersnoodramp in 1953. Toen stelde Nederland zich tot doel nooit meer een ramp als deze te hoeven ondergaan en daarom kwam de overheid met het Deltaplan. Er is toen door de overheid grootschalig geïnvesteerd in deltawerken. Als gevolg van dit beleid is Nederland nu internationaal bekend op het gebied van bescherming tegen water en deze expertise exporteert Nederland op grote schaal. De overheid moet dus niet wachten tot technologieën commercieel rendabel worden, maar eerst zelf in innovatie investeren. Van de Sanden sluit zich dan ook volledig aan bij de conclusie uit het eindrapport van de huidige verdienpotentieel dat in Nederland 'Guidance of the search en financiële steun voor radicale innovaties' tot op heden problematisch is geweest. Bij duidelijke guidance horen ook concrete doelstellingen zoals waterstofproductie tegen € 1/kg in jaar X of CO<sub>2</sub> afvang voor € Y per kg in jaar Z.

Verdienpotentieelstudies uit het verleden die ook de nadruk legden op wat we nu hebben in Nederland hebben ertoe geleid dat beleidsmakers sectoren die veel potentie in Nederland hebben over het hoofd hebben gezien. Zo heeft de studie van Roland Berger (2010) geconcludeerd dat er in Nederland geen kansen lagen op het gebied van batterijtechnologie. Hierdoor zijn na deze studie de investeringen in een aantal zeer kansrijke projecten en bedrijven rondom de ontwikkeling van innovatieve batterijtechnologieën stopgezet. Maar de impact op universitair niveau en bij de TO2 was nog drastischer, de elektrochemie verdween daar bijna in zijn geheel. Nu wordt alom erkend dat elektrochemische conversie technologieën een van de sleuteltechnologieën is van de toekomst. Ook de Nederlandse maakindustrie wordt in Den Haag vaak over het hoofd gezien, terwijl Nederlandse bedrijven mogelijk belangrijke leveranciers zijn voor chemische conversietechnologieën aan de Duitse industrie of aan een toekomstige industrie in Nederland.

## De overheid als facilitator en aanjager van innovatie

Een aantal systeeminnovaties zoals het renoveren van de gebouwde omgeving (fiche 2) naar energieneutrale woningen en het overschakelen op elektrisch personenvervoer (fiche 7) zijn nu technologisch al goed haalbaar. Voor dit soort innovaties zal de overheid zich moeten richten op het faciliteren van grootschalige uitrol, eventueel gecombineerd met kleine innovatieprogramma's om de bestaande technologieën verder te verbeteren en goedkoper te maken, bijvoorbeeld batterijtechnologie voor opslag in de gebouwde omgeving.

Naast de uitrol van ver ontwikkelde technologieën, zijn investeringen nodig in onderzoek en ontwikkeling op het gebied van radicale innovaties zoals goedkope productietechnieken voor waterstof en synthetische brandstoffen, goedkopere en efficiëntere methoden voor het afvangen van CO<sub>2</sub> en voor de opschaling van bestaande technologieën om elektriciteit in chemische energiedragers om te zetten. Zo is bijvoorbeeld de schaal van de huidige electrolyzers veel te klein om goed gecombineerd te kunnen worden met grootschalige elektriciteitsproductie. Om de energie van een offshore windpark om te kunnen zetten zijn nu nog minstens 400 losse electrolyzers nodig, dus opschaling van deze technologie naar grotere capaciteiten is essentieel. Wat Van de Sanden betreft kan EZ haar budget veel beter steken in onderzoek voor ontwikkeling van radicale innovaties dan in de bijstook van biomassa in kolencentrales.

## Kansen voor combineren van elektriciteit en chemische conversiesystemen

Met het idee 'van gas los' is Van de Sanden het absoluut oneens. Hij vindt het onverstandig om de mensen die nu op het gasnetwerk aangesloten zijn af te sluiten. We hebben met het bestaande gasnetwerk een waardevolle infrastructuur, dus de vraag zou juist moeten gaan over hoe we deze infrastructuur op duurzame wijze kunnen inzetten. Hierbij lijkt verregeande integratie van het elektriciteitsnetwerk en het gasnet voordehand liggend, aangezien het transporteren van gas goedkoper is dan het transporteren van elektriciteit. Dit benadrukt de noodzaak om goedkope en efficiënte technieken te ontwikkelen voor elektrochemische conversie.

Als we kijken naar de industrie is het belangrijk dat er naar het totaalbeeld gekeken wordt. Zo zouden de fiches 4, 5 en 6 eigenlijk gecombineerd moeten worden. In het verduurzamen van de industrie zullen elektrificatie, energie efficiëntie en CCU samengaan. Deze zaken horen allemaal tot de industriële symbiose, waarbij de ene bedrijfstak synthetische brand- en grondstoffen kan maken voor een andere. In sommige bedrijfstakken, zoals de staalindustrie is een sterke industriepolitiek noodzakelijk. Zo is staalproductie m.b.v. elektriciteit technisch mogelijk, maar dit gaat alleen gebeuren als de Nederlandse overheid hier een sturende rol in speelt.

## Essentiële rol voor CCS en CCU

CCS is een essentiële technologie die we nu meteen moeten gaan toepassen en de overheid moet hierin het voortouw nemen. Hierbij moet CO<sub>2</sub>-opslag als tussenoplossing (transitietechnologie) gezien worden, waarbij ervaring wordt opgedaan over hoe CO<sub>2</sub> efficiënt kan worden afgevangen. Op termijn kan de CO<sub>2</sub> dan gebruikt worden, bijvoorbeeld voor productie van synthetische brandstoffen, en hoeft dan niet meer ondergronds te worden opgeslagen. Het ontwikkelen van efficiënte technologie voor het afvangen van CO<sub>2</sub>/of scheiden van CO<sub>2</sub> uit andere stromen is essentieel, omdat we in de toekomst waarschijnlijk ook direct air capture nodig hebben en dit is met de huidige technologie onbetaalbaar. Daarnaast zou het ook interessant zijn om kleinschalige systemen voor CO<sub>2</sub>-afvang- en opslag te

ontwikkelen, zodat mensen ook bij verbrandingsinstallaties thuis hun CO<sub>2</sub> kunnen afvangen en omzetten. CO<sub>2</sub>-afvang inzetten voor enhanced oil recovery vindt Van de Sanden een risicovol idee aangezien dit netto kan leiden tot een grote toename in de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Enhanced oil recovery moet daarom alleen worden ingezet als de olie wordt gebruikt als feedstock voor de chemische industrie, zodat de koolstof niet vrijkomt.

## 5. Interview Herman Wagter, directeur Connekt

Datum: 6 september 2017

### Achtergrond

Herman Wagter is programma manager bij Connekt, een netwerkorganisatie voor slimme, duurzame en sociale mobiliteit. Daarnaast is hij programmamanager bij de TKI logistiek, waar hij meer samenwerking en overleg probeert te creëren tussen EZ en I&M. In deze topsector komen de thema's energie, mobiliteit en data & Intelligent transport systems (ITS) bij elkaar.

### Onderbelichte verdienkansen in de Nederlandse transportsector

#### Data en ITS - de rol van data regisseur is goud waard

In het huidige verdienpotentieel wordt weinig aandacht besteed aan het verdienpotentieel van bedrijven die zich bezig houden met data en intelligent transport systems. Het succes van bedrijven als Google en Facebook is niet de software of het platform dat ze ontwikkeld hebben, maar de data waarover ze beschikking en regie over hebben. Deze regiefunctie is goud waard. Hoewel de markt voor dit soort bedrijven op het gebied van sociale media al totaal verzadigd is, ligt de markt voor dergelijke bedrijven in de sectoren transport en logistiek nog bijna volledig open. Hierbij kan gedacht worden aan bedrijven die mobiliteit aanbieden als dienst i.p.v. het verkopen van een vervoersmiddel, maar ook aan datasystemen voor vrachtwagens of onderdeelstromen. Ook datasystemen op het raakvlak van energie en mobiliteit bieden kansen.

#### Light electric vehicles

Hoewel Nederland geen grote rol speelt in de productie van elektrische personenvoertuigen, waar de grote OEM partijen de markt beheersen, zijn we sterk in de ontwikkeling van light electric vehicles. Een goed voorbeeld hiervan is de cargo bike. De reden dat Nederland zo goed is in deze markt is dat het gaat om op specifieke functies afgestemde (customised) producten en niet om bulk productie. Zo zijn er cargobikes die containers kunnen vervoeren, koestystemen bevatten of aanhangers tot en met 500 kg kunnen trekken. De markt van light electric vehicles zal niet een enorme sector worden, maar er ligt wel degelijk verdienpotentieel.

#### Solar fuels en opslag synthetische brandstoffen

Hoewel fiche 6 ingaat op verschillende vormen van hernieuwbare brandstoffen komen solar fuels en synthetische brandstoffen niet aan bod, terwijl deze wellicht meer potentie hebben dan biobrandstoffen en artificiële fotosynthese. Zo is er grote potentie voor productie van solar fuels in het Midden Oosten, waar de elektriciteitsproductie met PV op sommige plekken nu al slechts 2 cent per kWh kost. Met zulke goedkope elektriciteit is de grootschalige productie van brandstoffen erg aantrekkelijk, zelfs als de omzetting efficiëntie nog relatief laag is. Er is berekend dat Saoedi Arabië met de huidige technologie al met 11% van haar landoppervlak voldoende solar fuels kan produceren om de huidige olieproductie qua energie-inhoud. Daarnaast is er grote potentie voor de productie van



'tussenstoffen', die na transport verder omgezet kunnen worden. Zo kan ammoniak makkelijk getransporteerd worden en als grondstof dienen voor een groot aantal chemische processen. Dergelijke ontwikkelingen kunnen ook voor Nederland economische kansen bieden, bijvoorbeeld voor de haven van Rotterdam en voor transport van dergelijke stoffen naar de rest van Europa.

### The valley of death

Bij veel technologieën ligt in Nederland een probleem bij de valley of death. Nederland is sterk in het ontwikkelen van innovatieve technologieën en de overheid biedt hiervoor financiële ondersteuning. Echter, als de technologie klaar is voor commercialisatie laat de overheid de innovaties en bedrijven aan hun lot over. De overheid zou daarentegen moeten helpen bij het creëren van een afzetmarkt door zelf als eerste inkoper te fungeren. Zo kan de overheid afnamegaranties bieden als aan bepaalde kwaliteitseisen wordt voldaan, wat zekerheid biedt voor investeerders. Europese wetgeving op het gebied van publieke aanbesteding biedt goede mogelijkheden voor het stimuleren van nieuwe bedrijvigheid, genaamd pre-competitive public purchasing, maar hier wordt in Nederland veel te weinig gebruik van gemaakt.

## 6. Interview Lucienne Krosse – InnoEnergy

Datum: 11 september 2017

Mevrouw Krosse is 3 jaar geleden begonnen bij InnoEnergy. InnoEnergy is een van de 3 organisaties die onder het KIC (knowledge and Innovation communities) vallen - het KIC valt zelf onder het European Institute of Innovation and Technology (EIT), opgericht door de Europese Commissie. InnoEnergy biedt begeleiding en financiële ondersteuning aan (startende) ondernemingen met innovatieve ideeën rond het thema duurzame energie. Lucienne is EU verantwoordelijke voor projecten en contacten rondom het thema smart cities and buildings.

### Hoofdpijnen studie

Het is een goede ontwikkeling dat de overheid eens verder probeert te kijken dan alleen de technologische opties en ook het economisch potentieel van innovaties wordt meegenomen. De huidige studie lijkt echter wel een aantal belangrijke innovaties buiten beschouwing te laten. Hierbij zijn vooral oplossingen voor energieopslag op lokaal gebouw -en wijkniveau van belang. Batterijtechnologie voor dit schaalniveau ontwikkelt zich snel. Voor Nederland ligt er met name potentieel op het gebied van 'flow batteries'. Het Arnhemse bedrijf Elestor bijvoorbeeld, ontwikkelt flow batteries die gebruik maken van de conversie van HBr naar H<sub>2</sub> en Br<sub>2</sub>. Op het gebied van energieopslag moet gezocht worden naar een hybride oplossing tussen lokale en centrale opslag, zoals er ook een combinatie is van lokale en decentrale productie van energie.

De onderbouwing van keuzes in het rapport kan op sommige plaatsen ook nog wat verbeterd worden. Zo is het niet echt duidelijk hoe de keuze om in bestaande bouw 'van gas los' te gaan tot stand is gekomen. Het ligt namelijk niet voor de hand om bestaande woningen en wijken die nu op het gasnet zijn aangesloten af te sluiten, omdat er kansen liggen om deze woningen in te toekomst van duurzaam gas, hetzij biogas hetzij synthetische methaan, te voorzien.

### Energiezuinige renovaties in de gebouwde omgeving

Op het gebied van de gebouwde omgeving kan Lucienne zich grotendeels aansluiten bij de conclusies uit het conceptrapport. De ontwikkelingen gaan inderdaad erg langzaam, met name als het gaat om

renovatie van woningen die in bezit zijn van woningcoöperaties. Het is echter wel zo dat het realiseren van renovaties met een hoog ambitieniveau in deze sector erg complex is, aangezien er veel verschillende eigenaren en belanghebbenden bij zo'n renovatie betrokken zijn. In Den Haag is in de Spoorwijk een project geweest waarbij een wijk op succesvolle wijze duurzaam is gerenoveerd<sup>20</sup>. Dit is het eerste initiatief waarbij de belangen van de verschillende eigenaren goed in de besluitvorming zijn meegenomen. Daarnaast is er voor toestemming voor renovaties in sociale woningbouw instemming vereist van minimaal 70% van de bewoners. Dit percentage is erg hoog en moeilijk haalbaar, omdat bewoners vaak vanuit emotionele redenen of een gebrek aan kennis niet mee willen doen aan een renovatie. Versoepeling van deze wetgeving zou het voor woningcoöperaties makkelijker maken om echt een bijdrage te kunnen leveren aan energiebesparing in de gebouwde omgeving.

In Nederland zijn meer lokale initiatieven op het gebied van duurzame energie en energiebesparing, maar het lijkt te ontbreken aan ondersteuning vanuit de overheid. Daarnaast is er vaak een gebrek aan de benodigde capaciteiten en professionaliteit bij lokale initiatieven om alle technische en juridisch aspecten allemaal op orde te kunnen krijgen. Ter bevordering van dit soort initiatieven, zou ondersteuning vanuit gemeentes of eventueel provincies ideaal zijn, maar aangezien het daar ook vaak aan de benodigde expertise ontbreekt, is beleid vanuit de nationale overheid waarschijnlijk onontkoombaar en noodzakelijk. Succesvolle pilots op het gebied van energieopslag, maar ook energiezuinige renovaties kunnen gebruikt worden als uitgangspunt voor opschaling. Hierbij moet de overheid een afgewogen beleid voeren, waarin een goede balans is tussen opschaling van pilots met huidige technologie en investeringen in R&D ter ontwikkeling van nieuwe technologieën om te voorkomen dat Nederland in het opschalingsproces op technologisch vlak gaat achterlopen.

Het is lastig om aan te geven of de markt of de overheid aan zet is om renovaties in de bestaande gebouwde omgeving op gang te brengen. Markt-gedreven projecten zijn wel degelijk mogelijk. In Duitsland heeft een projectontwikkelaar een bijna energie-neutrale wijk (nieuwbouw?) gerealiseerd voor bewoners met lage en-middeninkomens. Dit project heeft geen gebruik gemaakt van subsidies maar in plaats daarvan financieren de bewoners het project d.m.v. een ESCO constructie.

Een van de grootse problemen blijft financiering en specifiek van innovatieve (pre-commercialiseerde) technologieën. De overheid heeft hier een belangrijke rol in te spelen.

## **7. Interview Hans Grünfeld, directeur VEMW**

Datum: 12 september 2017

Hans Grünfeld is algemeen directeur van de VEMW, belangenorganisatie voor zakelijke energie- en waterverbruikers. Leden zijn onder meer industrieën, zakelijke dienstverlening, gebouwenbeheerders, de transportsector en organisaties in de gezondheidszorg. VEMW vertegenwoordigt de belangen van alle leden; in de praktijk lopen de onderliggende meningen tussen de verschillende groepen leden niet of nauwelijks uiteen.

### **Toekomst energiesector en energietransitie**

De veranderingen in de energiesector zijn al een lange tijd gaande. Eerst had je de liberalisering, daarna de Europese interne markt en nu is verduurzaming aan de orde. Voor de afnemers en leden van

---

<sup>20</sup> <https://www.duurzaamgebouwd.nl/society/20090925-duurzame-energie-installatie-in-spoorwijk-den-haag> Laatst geraadpleegd: 11-09-2017

VEMW betekende dat eerst het ontstaan van keuzevrijheid in leveranciers. De tendens op dit moment is dat de grenzen tussen 'de sector' en 'de industrie' toenemend vervagen. Flexibiliteitsdiensten en elektriciteits- en warmteproductie door de industrie zelf zullen een grotere rol gaan spelen. Duidelijk is daarom dat de toekomst een stuk duurzamer en ook diverser zal zijn, maar welke partijen daarbij een rol zullen spelen weten we niet. We verwachten wel dat de huidige behoefte aan energie zal blijven bestaan, en waarschijnlijk in de toekomst nog groter zal worden. De uitdaging zal daarbij zijn om dat samen te laten gaan met verlaging van CO2 emissies en met concurrerende energieprijzen ten opzichte van het buitenland.

Wat de rol van de energie-intensieve industrie in Nederland in de toekomst zal zijn is onzeker. Grote partijen zullen altijd hun risico's willen blijven spreiden over de hele wereld. Een goed vestigingsklimaat is dan ook een belangrijke voorwaarde voor de positie van de energie-intensieve industrie in Nederland in de toekomst. Daarbij speelt dat Nederland een relatief kleine thuismarkt heeft, dus opschaling is altijd lastig. Daar staat tegenover dat Nederland ook veel voordelen heeft wat betreft vestigingsklimaat. Een goed functionerende energievoorziening en andere randvoorwaarden zijn daarbij onder meer van belang, maar vooral ook het feit dat er in Nederland relatief veel industrie op een klein oppervlak aanwezig is. Daardoor wordt samenwerking in ketens vergemakkelijkt.

### **Competitieve voordelen bij verduurzaming**

Nederland heeft ook nog andere competitieve voordelen bij verduurzaming. In de eerste plaats is Nederland Europees kampioen marktwerking. De markt hier is al efficiënt georganiseerd, waardoor er ruimte is om op Europees niveau te kunnen concurreren. In de tweede plaats is de aanpak van verduurzaming hier slimmer dan elders, want op de lange termijn beter vol te houden. Dat Nederland daarbij op dit moment onderaan Europese lijstjes van geïmplementeerde hernieuwbare energie bungelt is niet van belang. Door de manier van uitbouw van wind op zee hebben we drastische kostenverlagingen gerealiseerd, waardoor die energiebron in de toekomst concurrerend kan zijn en verder uitgebouwd kan worden. Flexibiliteit is daarbij ook van belang, en die kan onder meer door de Nederlandse industrie geleverd worden. Levering van die flexibiliteitsdiensten kan in de toekomst een bijverdienste voor de energie opleveren, maar dat zal nog een uitdaging zijn omdat de industrie natuurlijk in de eerste plaats investeert in levering van de eigen producten en niet zozeer in optimalisering van de energievoorziening.

### **Wie moet wat doen**

De rollen bij energietransitie zijn duidelijk verdeeld: de industrie investeert en de overheid faciliteert. Dat faciliteren moet onder meer gebeuren door financiering en door het aanleggen van infrastructuur voor CCS/CCU en voor warmte. Als de overheid dat doet dan mag ze ook een duidelijke tegenprestatie verlangen van de industrie. Die tegenprestatie moet ook op papier worden vastgelegd met behulp van de in Nederland gebruikelijke instrumenten, zoals convenanten.

Een belangrijk probleem in Nederland is dat opschaling van nieuwe initiatieven nog steeds slecht geregeld is. De overheid leunt daarbij te veel achterover. Schrikbeeld is bijvoorbeeld de nieuwe fabriek van Avantium voor bioplastics die uiteindelijk naar Antwerpen ging vanwege het betere vestigingsklimaat daar. Het lijkt alsof het tot dusver bij EZ aan urgentiegevoel voor zo een opschaling ontbrak. Ook werpt de overheid nog regelmatig barrières op voor nieuwe initiatieven, zoals bij de waterstof-samenwerking in Zeeland waar Financiën het gebruik van een aardgasleiding voor waterstof lange tijd blokkeerde.

Nodig is een aanpak waarin samenwerking centraal staat. Daarbij kunnen we de bestaande samenwerking tussen overheid, industrie en bedrijfsleven benutten. De Angelsaksische aanpak van een overheid die strenge regels oplegt en boetes uitdeelt werkt in Nederland niet. Wel is er een regisseur nodig die de partijen een reden geeft om bij elkaar te komen. De ervaringen rond restwarmte uit het verleden zijn dat iedereen anders op elkaar blijft wachten, zonder dat er iets gebeurt. NGO's kunnen daarbij ook een rol spelen, de verhoudingen zijn minder gepolariseerd dan vroeger. De verschillen tussen VEMW en een NGO als Urgenda liggen niet zozeer in het einddoel, maar meer in de manier om daar te komen. Urgenda werkt daarbij vanuit gewenste maatschappelijke eindbeelden, VEMW laat die uitkomsten meer over aan marktwerking.

Naast de in het rapport genoemde samenwerkingsinitiatieven op het gebied van industriële symbiose zijn er ook nog andere activiteiten gaande. Zo is er een nieuw ROAD consortium in oprichting, waarin de kolencentrales geen rol meer spelen, en werkt Akzo samen met bedrijven uit de Agro-Food industrie om fossiel gebaseerde grondstoffen te vervangen door biobased grondstoffen.

### Keuzes nodig

Duidelijk is dat we met zijn allen moeten bewegen, anders zijn we in de toekomst niet meer relevant. Daarbij moeten we gebruik maken van de dingen waar we goed in zijn. Tegelijk moeten we ervoor zorgen dat de aanpak realistisch is, dat die maatschappelijk draagvlak heeft en dat die gecoördineerd is. Om een voorbeeld te noemen: CCS is een belangrijke basis voor samenwerking op het gebied van industriële symbiose. Als de maatschappij geen CCS wil, dan wordt het lastig. Ook moeten we keuzes maken bij het inzetten op gemeenschappelijke infrastructuur. Als we dat nu doen, dan zijn we nog op tijd voor een succesvolle transitie.

## 8. Interview Arash Aazami, Singularity University

Datum: 15 september 2017

Arash Aazami werkt elf jaar in de energiesector, daarvoor was hij actief als ondernemer in de ict-sector. Hij was onder meer directeur van de midzakelijke retaildivisie bij Eneco en richtte daarna een eigen bedrijf op waarin hij werkte aan de 'energie-hypotheek': levering van energiediensten gebaseerd op een database met energiebesparingsmogelijkheden en een algoritme waarmee de kosten plus marge aan klanten kunnen worden doorberekend. Nu worden de rechten hiervan via zijn stichting 'Universal Right' als global commons doorgegeven aan onder meer Amerikaanse en Zweedse energiebedrijven. In de consultancy 'Kamangir' werkt Arash verder aan projecten voor onder meer de provincie Zuid-Holland ('Van volume naar waarde') en voor het ministerie van EZ ('Digitalisering van de energiesector'). Verder is hij actief voor de Amerikaanse Singularity University op het gebied van energie.

### Toekomst energievoorziening

Nederland is eigenlijk een te klein geografisch gebied om naar die energievoorziening te kijken, dat zou je meer op Europees of mondiaal vlak moeten doen. Duidelijk is in ieder geval dat er een verschuiving van de machtsconcentratie in de energievoorziening bezig is. Die is vergelijkbaar met de eerdere liberalisering soms ook pijnlijk, want bestaande partijen zullen hierin verliezen. Door de opkomst van hernieuwbaar zal er in de toekomst namelijk geen markt meer zijn voor commodities.

In plaats daarvan zal de markt verschuiven naar diensten, waarbij een paar rollen overblijven. Dat zijn in de eerste plaats het balanceren van vraag en aanbod door grid operators. Daarbij zullen net als bij de mobiele telefonie ook ‘virtual grid operators’ ontstaan, die zelf geen fysieke netten bezitten. Daarnaast zullen er steeds meer aanbieders van flexibiliteitsoplossingen komen, die allerlei vormen van opslag zullen bieden. De volgende stap in die ontwikkeling is het ontstaan van een ‘internet of energy’, waarbij niet meer sprake is van decentrale levering maar van volledig tweerichtingsverkeer. Daarbij wordt de ‘content’ op het netwerk toenemend gegenereerd door gebruikers.

Een andere belangrijke ontwikkeling is de verschuiving van de eigendomsverhoudingen. Terwijl vroeger grote bedrijven eigenaren waren van elektriciteitscentrales, zal er in de toekomst een democratisering van het eigendom plaatsvinden waarbij bijvoorbeeld windparken in de handen komen van een groot aantal consumenten/burgers als aandeelhouders.

### **Rol overheid**

De overheid moet in die veranderende energievoorziening vooral zorgen voor toekomstbestendige, dat wil zeggen open, kaders. Dat kan door het invoeren van bijvoorbeeld standaarden, transferprotocollen en andere manieren om een basis te leggen voor interoperabiliteit. Een voorbeeld is het invoeren van één afrekenstandaard voor energie. Tot dusver waren dat kWh voor elektriciteit en m<sup>3</sup> voor gas. Beter zou zijn om als standaard-eenheid de Joule te nemen, zodat ook duidelijk wordt dat de verschillende energievormen feitelijk substituten van elkaar zijn. Ook moet de overheid zorgen voor cybersecurity in de energievoorziening, peer-to-peer energieuitwisseling mogelijk maken en een rol op zich nemen als risico-investeerder in het systeem. Daarvoor is ook een verandering van mentaliteit nodig, waarbij in de toekomst iedere ‘verbruiker’ wordt gezien als een potentiële bron voor tweerichtingsverkeer op het netwerk.



## Annex E - Innovatiefiches





# Fiche 1: Systeemintegratie op macroniveau: elektriciteitsnetwerken en opslag

## Wat is het?

### Verantwoording

Het overschakelen van fossiele op hernieuwbare energieopties in de elektriciteitsvoorziening in de komende decennia betekent dat we gaan van een relatief makkelijk te regelen elektriciteitsnetwerk naar een systeem met veel meer variabiliteit en daarom noodzaak tot chemische omzettingen en tijdelijke opslag in verschillende vormen (gassen, vloeistoffen, batterijen). Dat betekent ook dat we gaan van een relatief geïsoleerd elektriciteitsnetwerk naar een koppeling van het elektriciteitssysteem met gas, warmte en transport.

	Modulair	Systeem
Incrementeel	- (Verbeteringen en grotere toepassing van) industriële warmte-krachtsystemen;	- Uitbreiding van stadsverwarming met warmte-kracht - Europese marktintegratie elektriciteit
Radicaal	- CAES - LAES - Vliegwielen	- Power to gas - Power to heat - Power to products

### Definities

In deze fiche gaan we in op het balanceren van het elektriciteitsnetwerk door toepassing van systeemintegratie op netwerkniveau en energieopslag. We kijken daarbij naar de volgende mechanische en elektrochemische opties:

#### Mechanische opties:

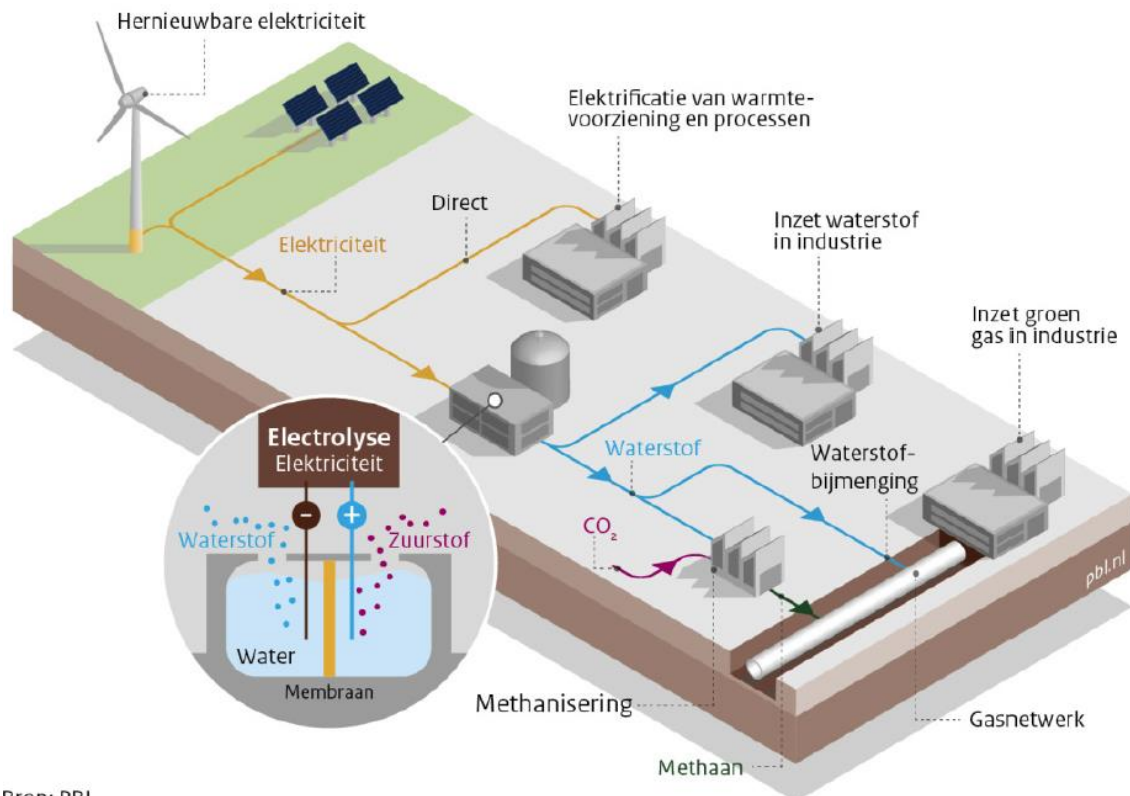
- **Compressed air energy storage (CAES):** energieopslag door middel van elektrische motoren die lucht samenpersen, waarna de lucht ondergronds wordt opgeslagen. Wanneer elektriciteit nodig is, wordt de perslucht verwarmd en in een verbrandingsturbine gevoed. De gasturbine kan drie keer zoveel produceren als wanneer alleen aardgas wordt gebruikt.
- **Liquid air energy storage (LAES),** ook wel cryogene energieopslag genoemd: elektriciteit wordt gebruikt om lucht (of stikstof) af te laten koelen tot  $-195^{\circ}\text{C}$  zodat het vloeibaar wordt, waarna deze in een tank wordt opgeslagen. Wanneer elektriciteit nodig is, wordt de vloeibare lucht onder druk in een warmtewisselaar gepompt, die met behulp van omgevingslucht of restwarmte de vloeistof opwarmt. De opgewarmde lucht wordt opnieuw gasvormig en zet sterk uit in een expansieturbine die een generator aandrijft.
- **Vliegwielen:** een vliegwiel dat in vacuüm is geplaatst wordt aangedreven door een elektromotor, waardoor kinetische energie wordt opgeslagen. Wanneer elektriciteit nodig is, werkt de elektromotor als een generator die het vliegwiel vertraagt. De techniek is beperkt tot opslag van enkele megawatturen.

### Elektrochemische opties ('Power-to-X'):

- **Power-to-heat:** elektriciteit wordt omgezet in warmte. Dit kan bijvoorbeeld met warmtepompen en elektrische boilers. Het kan ook ingezet worden voor koeling (bijvoorbeeld van datacentra). Toepassing voor korte-termijnopslag: dagen-weken.
- **Power-to-gas:** elektriciteit wordt gebruikt om water in waterstof om te zetten (elektrolyse). De waterstof kan bijgemengd worden in het aardgasnet (op dit moment tot maximaal 1 promille). De waterstof kan ook met CO<sub>2</sub> worden geconverteerd in synthetisch methaan, dat in de bestaande infrastructuur van aardgas kan worden opgeslagen. Deze methode is minder efficiënt, aangezien er opnieuw energieverlies plaatsvindt.<sup>21</sup> Toepassing voor langere-termijnopslag: weken-maanden. Waterstof kan ook verbrand worden om elektriciteit op te wekken.
- **Power-to-products:** net zoals bij power-to-gas wordt waterstof geproduceerd. Dat wordt vervolgens omgezet tot ammoniak, dat als grondstof gebruikt kan worden voor andere (chemische) producten. Ammoniak kan net als waterstof ook verbrand worden in gascentrales om elektriciteit op te wekken. Dit is een minder efficiënte route, maar wel een reëel alternatief voor het opvangen van dalen in het hernieuwbare energie-aanbod als fossiel-gestookte centrales uitgefaseerd zijn. Toepassing voor lange-termijnopslag: zolang als de levensduur van het product / weken-maanden in opslag.

Figuur 2 toont de routes van de drie elektrochemische opties.

Figuur 1. Mogelijkheden voor inzetten van overtollige elektriciteit (Power-to-X)



Bron: PBL

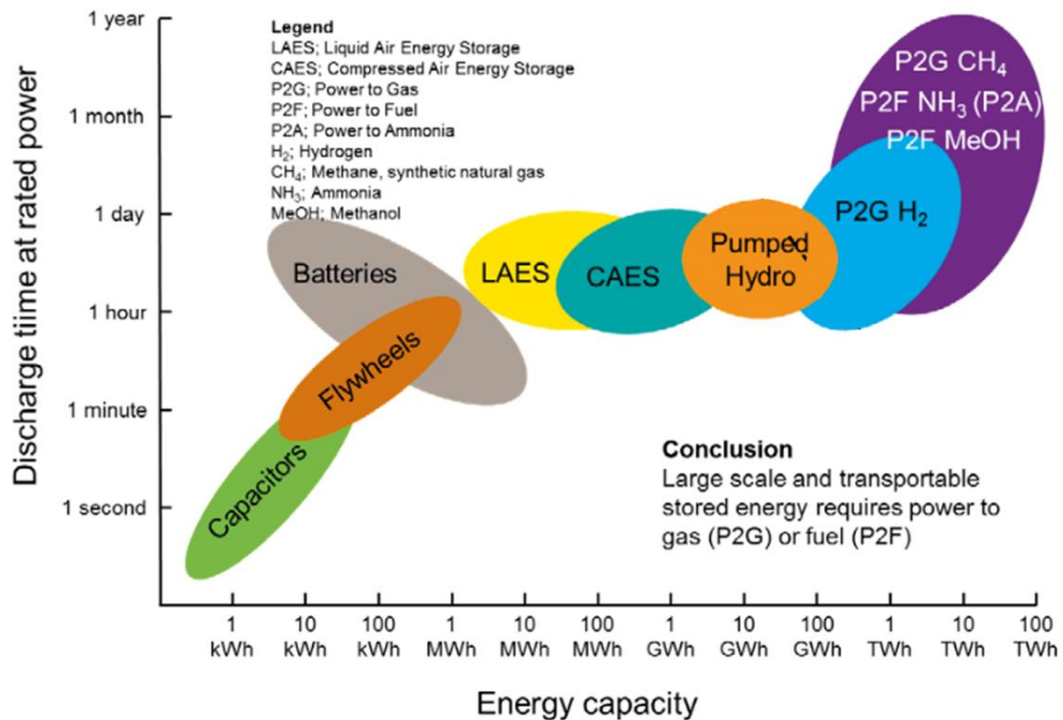
<sup>21</sup> De efficiëntie is al tamelijk hoog: voor elektrolyse circa 75% en voor de methanisering circa 90%. Van der Zee, T. (2015) 'Power-to-gas: Wordt het methaan of waterstof?' Gawalo magazine

## Scope

Om de balans in het elektriciteitsnetwerk te handhaven en investeringen in nationale en regionale netten zoveel mogelijk te beperken is een combinatie van verschillende innovaties op verschillende schaalniveaus van belang. Deze fiche belicht de innovaties die nodig zijn op het gebied van **stelselintegratie en energieopslag op het niveau van het nationale net en regionale energienetten**. De fiche representeert de oplossingen op macro-niveau, met een focus op het energieaanbod, terwijl de fiche ‘Stelselintegratie op gebouwniveau: Nul op de meter’ de oplossingen aan de vraagzijde en op micro-niveau analyseert.

De nadruk zal liggen op energieopslagsystemen. Voorbeelden van opslagtechnologieën voor balanceren van grootschalige schommelingen in het elektriciteitsaanbod zijn grootschalige accusystemen, compressed air energy storage (CAES), liquid air energy storage (LAES), vliegwielen, power-to-gas, power-to-products en power-to-heat. Welke optie in iedere afzonderlijke situatie het meest aantrekkelijk is hangt af van hoeveel energie er kan worden opgeslagen, hoe lang het moet worden opgeslagen en hoeveel de opslag kost (zie [Figuur 2](#)). Power-to-gasroutes waarbij waterstof met CO<sub>2</sub> wordt vermengd, wat een vorm van CCU is (zie fiche 4), worden in deze fiche besproken omdat ze een belangrijke optie zijn voor stelselintegratie en energieopslag (zie ook fiche 5: industriële symbiose). We onderzoeken waar verdienpotentiëlen liggen op zowel technologisch als op organisatorisch vlak.

**Figuur 2. Opties voor energieopslag: termijn en capaciteit<sup>22</sup>**



<sup>22</sup> ISPT (2017) ‘Power to Ammonia’

Zaken die buiten de scope van deze fiche vallen zijn:

- Systeemintegratie en energieopslag op het niveau van huishoudens, waaronder het gebruik van elektrische auto's als energieopslag;
- De toepassingen van waterstof die met power-to-gas geproduceerd is voor inzet in bij industriële warmtevoorziening en voor waterstofauto's;
- Meet- en regelsystemen en ICT-oplossingen die voor de systeemintegratie benodigd zijn (smart grids).

Systeminnovatie	Wat is het?	Benodigde technologische innovatie	Benodigde niet-technologise innovatie
Systeemintegratie en Opslagsystemen	Het technisch en organisatorisch mogelijk maken van tijdelijke opslag van elektriciteit om die op een ander moment weer vrij te kunnen geven	Grootschalige opslagsystemen te beheren door systeembeheerders en energiebedrijven; Opslagsystemen op woningniveau (buiten scope van deze fiche); opslagsystemen in auto's (buiten scope van deze fiche); Uitwisseling en balanceren	Verregaande samenwerking tussen gas-, warmte- en elektriciteitssector; Organisatorisch systeembeheer op macroniveau; Deelname en integratie van consumenten in uitwisseling (buiten scope); tariefsystemen en prikkels die integratie mogelijk maken/ bevorderen (buiten scope)

#### TRL-fase waarin de innovatie zich bevindt

Energieopslag heeft een brede scope, waar technologieën binnen vallen die al commercieel worden toegepast en technologieën die nog in een lage TRL-fase zijn.

Technologie	Toepassing	TRL
(Conventionele) CAES	Wordt al toegepast op commerciële schaal in Duitsland en de VS. Geavanceerde methodes zoals adiabatische CAES (waarbij de hitte die vrijkomt bij de compressie opnieuw wordt ingezet) zijn nog in de R&D-fase. Moderne CAES-projecten gebruiken geen aardgas en sturen de perslucht meteen naar een expansieturbine. Er is een pilotinstallatie (ADELE) in Duitsland.	9; 5 - 7
LAES	Een testinstallatie staat in Engeland	5 - 7
Vliegwheels	Wordt al gebruikt, onder andere in centrales voor 'peak shaving'	9
Power-to-heat	Elektriciteit omzetten in warmte door middel van elektrische boilers gebeurt al op commerciële schaal.	9
Power-to-gas	Technologieën voor duurzame waterstofproductie, waaronder elektrolyse, worden nog niet commercieel toegepast, maar er bestaan steeds meer demonstratieprojecten. Dit geldt ook voor de verdere synthese van methaan. Er zijn enkele installaties in Nederland te vinden, zoals een kleine PEM-elektrolyse en chemische methanisatie-installatie (7 kW) van Stedin in Rozenburg en een 12 MW PEM-elektrolyse-unit in Delfzijl. Sommige technologieën bevinden zich nog in eerdere fasen. De investeringskosten en de huidige elektriciteitsprijs zijn nog te hoog om elektrolyse aantrekkelijker te maken dan aardgasproductie.	6 - 9
Power-to-ammonia / Power-to-products	Veel van de processen staan nog in het begin van de R&D-fase, zoals de productie van methanol en mierenzuur. Nuon heeft aangekondigd de Magnumcentrale in de Eemshaven in te gaan zetten voor de productie, opslag en verbranding van ammoniak na 2030. <sup>23</sup> ISPT schat dat grootschalige ammoniak-productie via deze route binnen 5-10 jaar mogelijk wordt. <sup>24</sup>	2 - 6

<sup>23</sup> <http://www.nuon.com/activiteiten/energieproductie/gas/gasgestookte-centrales/>

<sup>24</sup> ISPT (2017) 'Power to Ammonia'

## Maatschappelijke bijdrage

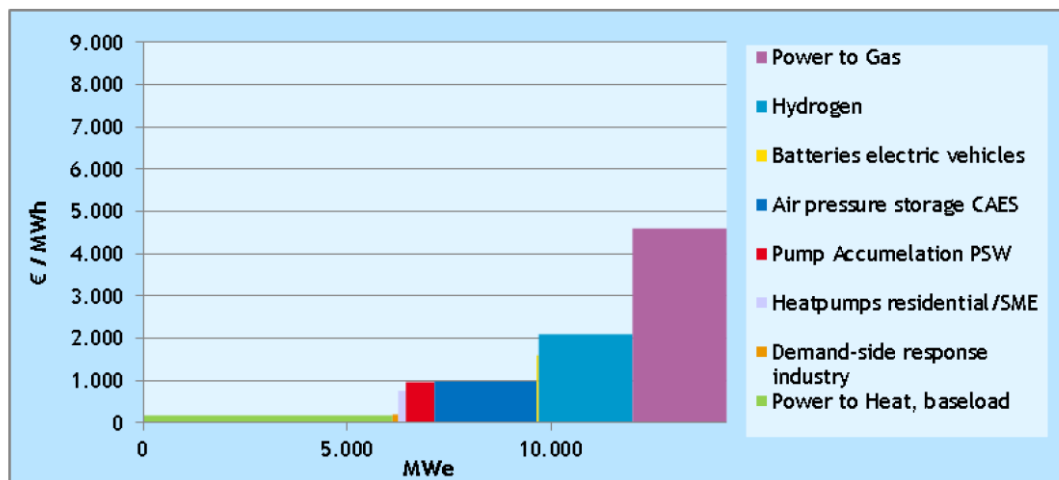
Eén van de belangrijkste uitdagingen voor de energievoorziening in de toekomst ligt in de integratie van elektriciteit, warmte en transport door optimalisering van aanbod en gebruik van energie op ieder moment.

In 2050 speelt elektriciteit naar verwachting een veel grotere rol in de energievoorziening dan nu, en zal het produceren van die elektriciteit CO<sub>2</sub>-neutraal moeten zijn.<sup>25</sup> Het inzetten van meer hernieuwbare energie leidt er ook toe dat er meer variabiliteit komt in het energieaanbod. De tijdelijke overschotten kunnen worden gebruikt om waterstof te produceren, dat vervolgens kan worden omgezet in andere brandstoffen, bouwstenen voor de chemie, of terug naar elektriciteit. Een deel van de warmteopwekking zal worden geëlektrificeerd. Daarnaast kan elektriciteit opgeslagen worden om op een moment van schaarste in te zetten.

De systeeminnovatie in deze fiche ondersteunt de transitie naar een CO<sub>2</sub>-neutraal elektriciteitssysteem. Het Nederlandse elektriciteitsverbruik leidt tot ongeveer 50 Mton CO<sub>2</sub>-uitstoot per jaar, ongeveer een kwart van de totale uitstoot.<sup>26</sup> Een CO<sub>2</sub>-neutraal elektriciteitssysteem heeft dus een reductiepotentieel van 50 Mton. Als het elektriciteitsverbruik door elektrificatie van het energiesysteem verder zal stijgen zal het reductiepotentieel nog tientallen megaton groter zijn.

Daarnaast is conventionele ammoniakproductie uit aardgas goed voor ongeveer 1% van de mondiale CO<sub>2</sub>-emissies, die met CO<sub>2</sub>-neutrale ammoniakproductie worden vermeden.<sup>27</sup>

Figuur 3. Technisch potentieel van flexibele opties voor de inzet van overtollige elektriciteit<sup>28</sup>



Bestaande studies<sup>29</sup> tonen aan dat in veel gevallen power-to-heat de meest kosteneffectieve optie is om overtollige elektriciteit in te zetten, gevolgd door CAES en waterstof. Vooral elektrische boilers en stoomketels zijn kosteneffectief en geschikt voor flexibele elektrificatie. Ook warmtepompen bieden een goede optie. Power-to-gas valt duurder uit.<sup>30</sup> Toch kan - onder gunstige voorwaarden - ook deze optie kosteneffectief worden ingezet om CO<sub>2</sub>-emissies tegen te gaan, door de productie van groen gas.

25 PBL 2016

26 Cijfers uit 2013. Het verbruik is al enkele jaren ongeveer constant. PBL (2016) 'Opties voor klimaat-en energiebeleid'

27 ISPT (2017) 'Power to Ammonia'

28 CE Delft (2015) 'Potential of Power-to-heat in the Netherlands'

29 CE Delft (2015) 'Potential of Power-to-heat in the Netherlands'; ECN and DNV-GL (2014) 'Exploring the role for power-to-gas in the future Dutch energy system', PBL (2011) 'Naar een schone economie in 2050: routes verkend', ECN and DNV-GL (2015) 'System Integration - Hybrid energy infrastructures', Berenschot, CE Delft and ISPT (2015), geciteerd in: PBL (2016) 'Vormgeving van de energietransitie'

30 CE Delft (2015) 'Potential of Power-to-heat in the Netherlands'; PBL (2016) 'Vormgeving van de energietransitie'

Welke opties vanuit maatschappelijk oogpunt het meest nuttig zijn, hangt ook af van de infrastructurele situatie en energieprijzen (waaronder de ontwikkelingen van de APX- en onbalansmarkt voor flexvermogen).<sup>31</sup>

## Beleid

De Energieagenda noemt power-to-products als een van de lijnen waar een innovatieopgave ligt.<sup>32</sup> Topsector Energie heeft meerdere programmalijnen die bijdragen aan de flexibilisering van het elektriciteitssysteem, waaronder power-to-gas. Het heeft onlangs een subsidieregeling van €750.000 voor waterstof geopend om de ontwikkeling van duurzame waterstof en lagere productiekosten te stimuleren.<sup>33</sup> De overheid ziet kansen in meerdere opties, zoals power-to-gas, power-to-heat en synthetische brandstoffen (de laatste wordt in fiche 4 behandeld).<sup>34</sup>

Het maximale bijmengpercentage van waterstof in het aardgasnet is op dit moment 1 promille. Dit is om te voorkomen dat de stalen leidingen niet ‘verbrossen’. Zoals het project op Ameland laat zien zijn hogere percentages mogelijk, maar over het hele net is niet bekend waar mogelijke zwakke plekken liggen en welke effecten langdurige blootstelling aan waterstof hebben. Dit beleid beperkt de invoeging van waterstof tot het bestaande gasnet.<sup>35</sup>

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: 0

Veel technologieën voor energieopslag zijn al beschikbaar. Ze worden nog niet op grote schaal toegepast omdat de behoefte aan opslag op macroniveau op dit moment nog niet zo groot is. Ze kunnen daarbij nog niet concurreren met meer conventionele vormen van energieopwekking zoals gasgestookte centrales. De verwachting is dat dit gaat veranderen als er meer hernieuwbare elektriciteit op de markt komt en fossiel-gestookte centrales een minder aantrekkelijke optie worden. Een uitzondering hierop vormt de waterstofsector, waar activiteiten vooral plaatsvinden in R&D en demonstratie.<sup>36</sup> In samenwerking met Gasunie en Statoil heeft Nuon als doel om een van de drie units van de Magnum-centrale over te schakelen op waterstof in 2023. Dit zou de eerste grootschalige toepassing van waterstof in energieopwekking zijn in Nederland. Echter wordt deze waterstof geproduceerd met Noors aardgas, waarbij de CO<sub>2</sub> afgevangen en opgeslagen wordt in Noorwegen.<sup>37</sup>

De meeste technologieën voor energieopslag bevinden zich vandaag de dag in demonstratiefase, waar op lokaal niveau met grootschalige opslag geëxperimenteerd wordt (TRL 6-8). Er zijn nog geen activiteiten in grootschalige productie en marketing, de indicator krijgt daarom de score 0.

### Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: +

Er zijn al verschillende samenwerkingsverbanden die ingezet kunnen worden voor systeemintegratie en energieopslag, zoals ISPT, Voltachem en Deltalinqs.

31 PBL (2016) ‘Vormgeving van de energietransitie’

32 Energieagenda 2016

33 <https://topsectorenergie.nl/nieuws/subsidieregeling-waterstof-tot-7-november-geopend>

34 Energerapport 2016

35 Van der Zee, T. (2015) ‘Power-to-gas: Wordt het methaan of waterstof?’ Gawalo magazine

36 TEC (2013) ‘Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie’

37 <http://www.nuon.com/activiteiten/energieproductie/gas/gasgestookte-centrales/>

De mogelijkheden van power-to-ammoniak voor energie zijn onlangs onderzocht door een ISPT-samenwerking tussen Stedin Infradiensten, Nuon, ECN, TU Delft, Universiteit Twente, Proton Ventures, OCI Nitrogen, CE Delft and AkzoNobel. AkzoNobel produceert waterstof als een restproduct en onderzoekt mogelijkheden om dit te leveren voor ammoniakproductie. Nuon werkt nauw samen met TU Delft om de mogelijkheden voor ammoniak in de Magnumcentrale te onderzoeken. De plannen moeten de centrale in de Eemshaven vanaf 2030 veranderen in een 'superbatterij' waar ammoniak uit duurzame energie wordt opgeslagen en in de gascentrale als brandstof wordt ingezet.<sup>38</sup> Stedin experimenteerde eerder met elektrolyse op Ameland door 20% waterstof bij te mengen in het bestaande gasnet en levert nu synthetisch methaan aan een appartementencomplex in Rozenburg.<sup>39</sup>

Eerder werden de mogelijkheden voor power-to-products onderzocht binnen het ISPT, met samenwerking tussen DOW, Akzo Nobel, Smurfit Kappa Roermond Papier, Avebe, Friesland Campina, Eneco, Delta netwerken, Zeeuwind, Enexis, Tennet, Industrial Energy experts, Cofely, RHDHV, Siemens, FME, VNCI, Netbeheer Nederland, Berenschot en CE Delft.<sup>40</sup> Twee bedrijven verkennen verdere samenwerking in een vervolgtraject.<sup>41</sup>

Voltachem, een open innovatieplatform, onderzoekt elektrificatie van de chemische industrie in power-to-heat, power-to-waterstof en power-to-chemicals. Het platform is geïnitieerd door TNO, ECN en Topsector Chemie en heeft daarnaast nog 12 leden (Rotterdamse haven, Nuon, Magneto, Coval Energy, Proton Ventures, Aramco, Sasol, Solvay, Uniper, Huikeshoven, Vopak) en meerdere gelieerde bedrijven. Ook het TKI Waternet houdt zich bezig met power-to-X, met KWR, Waternet, VolkerWessels, Stedin, PinPoint en Allied Waters. Daarnaast zijn er multinationale initiatieven die tot doel hebben om kennis te delen, zoals het North Sea Power-to-Gas Platform, waar Alliander, Gasunie en DNV-GL bij betrokken zijn.<sup>42</sup>

Er bestaat mede dankzij de topsectoren al een goede basis voor nauwere samenwerking tussen Nederlandse partijen voor systeemintegratie en energieopslag, zowel voor onderzoeksinstituten als voor de industrie, vandaar de score +.

### Indicator 3 - Huidige marktomvang

Score: -

De waterstofsector is op dit moment klein. De productie en toegevoegde waarde worden geschat op resp. €30 mln en €10 mln.<sup>43</sup> De markt voor (duurzame) ammoniakproductie moet nog ontwikkeld worden. Power-to-heat in de vorm van elektrische boilers en warmtepompen is verder ontwikkeld maar nog beperkt in schaalgrootte. De score is daarom -.

### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: -

Het aantal banen (FTE) in de waterstofsector is klein en ligt rond de honderd.<sup>44</sup> De meeste activiteiten rondom power-to-x bevinden zich in R&D en demonstratieprojecten. Net zoals de huidige marktomvang is ook de werkgelegenheid relatief klein. De score is daarom -.

38 <http://www.nuon.com/activiteiten/energieproductie/gas/gasgestookte-centrales/>

39 Van der Zee, T. (2015) 'Power-to-gas: Wordt het methaan of waterstof?' Gawalo magazine

40 Berenschot, CE Delft, ISPT (2015) 'Power to products: Over de resultaten, conclusies en vervolgstappen' werd in 2015 overhandigd aan Topsector Energie.

41 ISPT (2015) 'Power 2 Products: Flexibele vraag in de industrie gaat variaties in zon- en windenergie afvangen'

42 <http://www.northseapowertogas.com/about-us>

43 TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

44 TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

## Potentieel voor opschaling

### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: 0

Voor de opties in deze fiche zijn kennis en praktijkervaring op het gebied van chemie, industriële biotechnologie, energie- en aardwetenschappen en elektrotechniek van belang. Een recente studie van TNO<sup>45</sup> wijst uit dat Nederland minder sterk is op deze kennisvelden, maar op het gebied van technologieontwikkeling scoort Nederland sterker; vooral op machinerie, halfgeleiders en nanotechnologie, en gemiddeld sterk op thermische processen en mechanische elementen. Op basismaterialenchemie en elektrische machinerie is Nederland minder sterk. Daarmee is de uitgangspositie voor opslagsystemen positief, al is verdere kennisontwikkeling nodig. Als we inzoomen op de opkomende technologieën lijkt de activiteit op power-to-gas het grootst. Daar ligt potentie voor Nederland om verder uit te bouwen. Op het gebied van waterstoftechnologie en brandstofcellen lijken de kansen voor Nederland kleiner.

De relevante bedrijfstakken laten een gemengd beeld zien. Nederland staat sterk in de chemische industrie, machine-industrie en aardolie-industrie. Elektrotechnische industrie scoort gemiddeld en energieproductie en elektrische apparatenindustrie minder sterk.<sup>46</sup> Voor mechanische opslag heeft Nederland dus een minder sterke uitgangspositie. Nederland heeft echter wel sterke competenties in het ontwikkelen van productiemachines, onder andere voor nieuwe types batterijen. Binnen deze niche liggen dus wel kansen voor Nederland. Voor chemische opslag is het beeld gemengd, met een gemiddelde score op power-to-gastechnologieën en een minder gunstig beeld voor andere opties. Al met al is de benodigde kennis en bedrijfsactiviteiten beperkt aanwezig en blinkt Nederland alleen uit in het ontwikkelen van productiemachines. Er zijn in Nederland dus nog duidelijke zwaktes in de kennisbasis benodigd voor het verder opschalen van technologieën voor energieopslag, maar de basis voor verdere ontwikkeling van deze kennisvelden lijkt aanwezig te zijn, vandaar de score 0.

### Indicator 6 - Randvoorwaarden voor opschaling

Score: 0

**Randvoorwaarde 1: Veel goedkope hernieuwbare energie.** De eerste randvoorwaarde is dat er veel overtollige hernieuwbare energie op de markt komt, zodat het economisch aantrekkelijk wordt om deze energie op te slaan of om te zetten. Dit gebeurt pas als het overaanbod een knelpunt wordt en de elektriciteit voldoende uren laag geprijsd is. ISPT schat dat de energieprijs onder de €15/MWhe moet liggen voor de ammoniakproductie. Bij power-to-heat groeit de belangstelling voor warmtepompen in industrie, maar investering hangt af van het aantal uren dat de elektriciteitsprijs laag genoeg ligt om de technologie rendabel te maken ten opzichte van gas.<sup>47</sup> Andersom geredeneerd zou de business case er beter uitzien als gas duurder wordt ten opzichte van elektriciteit.<sup>48</sup>

**Randvoorwaarde 2: Hogere CO<sub>2</sub>-prijzen.** Hierdoor worden de nieuwe opties interessanter tegenover bestaande (fossiele) technologieën. Met hoge CO<sub>2</sub>-prijzen krijgt de productie van ammoniak ook aanzienlijk potentieel.<sup>49</sup> ISPT schat dat de CO<sub>2</sub>-prijs per ton tussen €75 en €300 moet liggen om de CO<sub>2</sub>-neutrale ammoniakproductie concurrerend te maken (de brede range heeft vooral te maken met hoeveel uren de fabriek kan draaien op goedkope elektriciteit).<sup>50</sup>

45 TNO (2017) Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes.

46 TNO (2017) Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes.

47 PBL (2016) 'Vormgeving van de energietransitie'

48 Van der Zee, T. (2015) 'Power-to-gas: Wordt het methaan of waterstof?' Gawalo magazine

49 PBL (2016) 'Vormgeving van de energietransitie'

50 ISPT (2017) 'Power to Ammonia'



**Randvoorwaarde 3: Infrastructuur en industriële samenwerking.** Nieuwe infrastructuur zal moeten worden aangelegd, maar er kan in vele gevallen gebruik gemaakt worden van bestaande infrastructuur. Bij omzetting naar methaangas kan gebruik worden gemaakt van het bestaande gasnetwerk in Nederland, al is de invoeding van waterstof beperkt (op dit moment mag tot 0,5 procent worden bijgemengd). Ammoniak kan worden gedistribueerd via de ammoniakterminal in de Rotterdamse haven. Nieuwe samenwerkingsverbanden zullen moeten worden aangegaan om de business cases rond te maken. De basis ligt er al, met de topsectoren en ISPT, Voltachem en Deltalinqs.

Er is geen goede correlatie tussen meer hernieuwbare energie en stijgende CO<sub>2</sub>-prijzen. Er is ook op het gebied van beleid geen indicatie dat CO<sub>2</sub>-prijzen gaan stijgen, en het ligt niet in de lijn der verwachting dat aan randvoorwaarde 2 gaat worden voldaan. Resteert de uitdaging om ook randvoorwaarde 3 in te vullen. Deze indicator scoort daarom een 0.

#### Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: 0

**Knelpunt 1: Variabiliteit hernieuwbare energie.** Het is een uitdaging om met de variabiliteit van de overtollige hernieuwbare energie om te gaan. Fabrieken worden pas efficiënt als ze lange tijd kunnen draaien. Dit is ook van grote invloed op de business case voor de chemische opslagroutes (power-to-X). De hoge investeringskosten voor elektrolyzers zijn een knelpunt als ze niet genoeg on-stream tijd hebben om de kosten per ton ammoniak te drukken. Op dit moment is de kostprijs van gas-geproduceerde ammoniak €300-350 per ton. De productiekosten van CO<sub>2</sub>-neutrale ammoniak liggen veel hoger en zullen met meer dan 70% omlaag moeten.<sup>51</sup> Daarbij moeten de investeringskosten in het licht worden gezien van vermeden investeringskosten in het verzwaren van het elektriciteitsnetwerk: de overheid heeft hier een faciliterende rol te spelen.

**Knelpunt 2: Transport en opslag waterstof.** Waterstof is een gas en daardoor lastig te transporteren en op te slaan. Het is ook maar in beperkte mate injecteerbaar in huidige gasleidingen (power-to-gas). Door het om te vormen naar ammoniak wordt transport en opslag relatief makkelijk. Wel is de toxiciteit en mogelijke geurhinder nog een mogelijk knelpunt, maar dit is niet onoverkomelijk. De technologieën voor waterstof- en ammoniakproductie zijn goed op te schalen en hebben niet te maken met schaarste van materialen of opslagruimte.<sup>52</sup>

Het tweede knelpunt zal geen grote belemmering spelen in de opschaling. Het eerste knelpunt is echter een grote uitdaging voor alle chemische opslagtoepassingen. De indicator scoort daarmee een 0.

#### Indicator 8 - Verwacht draagvlak

Score: 0

De oplossingen gaat vooral over procesoptimalisering die zich buiten het zicht van het publiek afspeelt. Er zijn geen duidelijk zichtbare milieunadelen, risico's of hinder voor het publiek. Gezien de weerstand tegen het transport en de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> is er in de toekomst wellicht ook weerstand te verwachten tegen chemische energiedragers als waterstof en ammoniak, o.a. vanwege toxiciteit (ammoniak) en explosiegevaar (zowel ammoniak als waterstof). Het maatschappelijk draagvlak is dus nog relatief onzeker en scoort daarom een 0.

<sup>51</sup> ISPT (2017) 'Power to Ammonia'

<sup>52</sup> ISPT (2017) 'Power to Ammonia'

### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: +

Uitbouw lijkt mogelijk in alle fasen in de waardeketen zodra het aanbod van goedkope hernieuwbare elektriciteit toeneemt. Bij power-to-heat is de verwachting dat de R&D-fase een minder grote rol gaat spelen richting 2050, aangezien er al veel technologieën op de markt zijn. Op power-to-gas en - ammonia/products is nog wel veel behoefte aan R&D. Alle technologieën zijn in een TRL-fase dat productie en commercialisatie niet ver weg meer is of al aanwezig is. De indicator scoort een +.

### Indicator 10 - Potentiële marktgrootte

Score: 0

Er zal een grote vraag ontstaan naar CO<sub>2</sub>-neutrale energie op weg naar 2050. Systeemintegratie en energieopslag bieden een mogelijkheid voor CO<sub>2</sub>-neutrale energietoepassingen in alle vier de functionaliteiten (kracht en licht, hoge en lage temperatuurwarmte en mobiliteit). Daarbij concurreren de verschillende opties binnen deze fiche met elkaar. Afhankelijk van hoeveel (en hoe lang) goedkope elektriciteit vrij gaat komen en waar de toegevoegde waarde het grootst is zullen sommige opties een groter marktpotentieel hebben dan andere. Dit hangt mede af van hoe het beleid voor de energietransitie verder wordt ingericht. Voor korte termijnopslag concurreren de opties daarnaast ook nog eens met andere opties die de overtollige hernieuwbare energie slim in kunnen zetten, zoals smart grids, verbeterde transmissie naar het buitenland en demand response management. Naar alle waarschijnlijkheid zullen deze opties naast elkaar worden ingezet om de doelstellingen voor 2050 te behalen en de uitfasering van fossiele energie te ondersteunen. Er kan dus een sterke groei van de opties voor systeemintegratie en energieopslag verwacht worden, hoewel pieken in hernieuwbare energieproductie ook via andere systeeminnovaties opgevangen kunnen worden. Systeemintegratie en energieopslag zullen dus een gedeelte van de oplossing vormen, wat resulteert in de score 0.

## Internationale concurrentie

### Indicator 11 - Bestaande implementatie van de innovatie in het buitenland en landen die kunnen concurreren

Score: 0

Veel ontwikkelingen rond power-to-gas vinden plaats in Duitsland en Denemarken, waar al veel hernieuwbare elektriciteit en fluctuerend aanbod aanwezig is. Ze lopen voorop in PEM-elektrolyse. In Duitsland onderzoekt het Fraunhofer Instituut al jaren hoe power-to-gas een rol kan spelen in de energietransitie.<sup>53</sup> Duitsland heeft al meerdere installaties in gebruik genomen, variërend in installaties voor synthetische brandstoffen, invoeding in het gasnet, en synthetisch methaan. In Denemarken is begonnen aan een installatie voor biologische methanisering.<sup>54</sup> De geplande installatie in Delfzijl is de eerste in zijn soort in Nederland, en met 12MW vermogen ook aanzienlijk groter dan de power-to-gas initiatieven in Duitsland en Denemarken. Uniek is het gebruik van de zuurstof uit elektrolyse in het vergassingsproces van Torrgas, dat de investeringen uitspaart van een additionele air separation unit.<sup>55</sup> Duitsland en Denemarken zijn dus zeker sterke concurrenten maar gezien de technologieën nog niet zijn uitontwikkeld zijn er nog steeds voldoende kansen voor Nederland, vooral als er op korte termijn meer hernieuwbare energie wordt opgewekt. Ook in het Verenigd Koninkrijk wordt gewerkt aan power-to-gas opties, zoals het Leeds City Gate project, waarin is bekeken hoe waterstof de rol van aardgas kan overnemen. Op het gebied van waterstofcellen voor auto's is Duitsland de koploper in Europa, met een groeiend aantal waterstoftankstations en personenwagens en nieuwe modellen voor auto's, bussen,

53 Van der Zee, T. (2015) 'Power-to-gas: Wordt het methaan of waterstof?' Gawalo magazine

54 PBL (2016) 'Vormgeving van de energietransitie'

55 <https://www.energyvalley.nl/nieuws/eerste-grootschalige-power-to-gas-installatie-in-delfzijl>

vrachtwagens, treinen, schepen en zelf een vliegtuig.<sup>56</sup> Hier lijkt Nederland minder goede kansen te hebben. De indicator scoort daarmee 0.

#### Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling

Score: 0

Voor zover bekend zijn er geen plannen in omliggende landen die de positie van de koplopers en Nederland zal veranderen. In Duitsland zijn vier Kopernikus-programma's gestart die 10 jaar lang onderzoek zullen doen op het gebied van de Energiewende. Voor de eerste drie jaar is €120 mln beschikbaar en wordt er gekeken naar: netwerkstructuur voor de toekomst; power-to-x; flexibilisering industrie (o.a. power-to-heat); en systeemintegratie. Duitsland toont daarmee de ambitie aan om te blijven innoveren op deze gebieden. Dit hoeft de positie van Nederland niet in de weg te zitten, het zal eerder verdere R&D en ontwikkeling op deze terreinen ondersteunen. Op basis daarvan concluderen we dat Nederland voorlopig zijn positie behoudt en daarmee ook hier een 0 scoort.

---

<sup>56</sup> Financieel Dagblad (2017) 'Wachten op waterstof', 1 september 2017



# Fiche 2: Systeemintegratie op gebouwniveau: Van minder energieverbruik binnenshuis tot zelfvoorzienende woningen

## Wat is het?

### Definitie

Deze fiche bekijkt systeemtransitie op woningniveau. De fiche gaat over energiediensten op woningniveau die de energievraag en eventuele productie binnenshuis op een slimme manier regelen en optimaal afstemmen om woningen met een veel lager energieverbruik, of (bijna) zelfvoorzienende gebouwen te realiseren.

### Scope

Zaken die in deze fiche aan bod zullen komen zijn ontzorgingsdiensten voor CO<sub>2</sub>-arme woningen, zoals (bijna) zelfvoorzienende woningen en producten die daarvoor nodig zijn, waaronder isolatie technologieën, kleinschalige systemen voor elektriciteit- en warmteproductie, maar ook ICT-oplossingen zoals apps en webtools voor gedragsverandering en betere energiemonitoring- en regeltechnieken. Daarbij speelt ook het ‘nul-op-de-meter’ (NOM) concept, dat nu al door verschillende aanbieders op de markt wordt aangeboden. Het is belangrijk om bij NOM de kanttekening te plaatsen dat het hier in de meeste gevallen gaat om bijna nul-op-de-meter of een gemiddeld neutraal energieverbruik over het gehele jaar. Het realiseren van gebouwen die geheel energieonafhankelijk zijn, is namelijk vanuit maatschappelijk oogpunt niet altijd wenselijk aangezien daardoor te maken maatschappelijke kosten voor grootschalige energietransitie over minder eindverbruikers omgeslagen kunnen worden. Daarnaast is het behalen van energieneutraliteit wellicht op efficiëntere wijze te realiseren op wijkniveau, hetgeen in fiche 3 verder aan de orde zal komen.

Deze fiche zal ingaan op de *systeeminnovaties* die nodig zijn om door middel van slimme systeemintegratie veel energie-efficiëntere gebouwen te realiseren. De fiche zal niet specifiek ingaan op individuele technologieën zoals warmtepompen of isolatiematerialen, maar deze technologieën zullen gezamenlijk behandeld worden. Het schaalniveau waarop deze fiche van toepassing is, is het niveau van individuele gebouwen. Systeemintegratie op hogere schaalniveaus, zoals in de wijk of in nationale energienetten, zullen respectievelijk in de fiches 3 en 1 aan bod komen.

	Modulair	Systeem
Incrementeel	<ul style="list-style-type: none"><li>- Smart meters; isolatie</li><li>- Apps die tips geven over energiegedrag</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nul-op-de-meter woningen (uitwisseling met net) en bijbehorende toepassingen en diensten</li></ul>
Radicaal	<ul style="list-style-type: none"><li>- Apps die in- en uitschakelen van apparaten in de woning zelfstandig optimaliseren binnen zelfstandige netwerken en/of Internet</li><li>PV, warmtepompen, UV-stralers, geothermie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- (Bijna) autonome energiewoningen plus aggregatie van de productie op lokaal niveau met ‘virtual power plants’.</li></ul>

## Verantwoording

Individuele consumenten krijgen steeds meer met energietransitie te maken binnen hun eigen woning. Niet alleen als consument, maar ook in een toenemend aantal gevallen als producent van energie. Loskoppeling van elektriciteitsnetwerken en een volledig autonome energievoorziening van een woning begint voor de toekomstige 'prosumert' in sommige gevallen een reële optie te worden<sup>57</sup>. Daarbij zijn 'ontzorgingsdiensten', die zorgen voor een NOM woning tegen een fixed price in opkomst. Tegelijk krijgen de consumenten of prosumerten binnen de woning toenemend te maken met het 'internet-of-things', waarbij apps en ICT-toepassingen zorgen voor een efficiënter energiegebruik en tegelijk invloed uitoefenen op hun gedrag.

System-innovatie	Wat is het?	Benodigde technologische innovatie	Benodigde niet-technologische innovatie
<b>Systeem-integratie op gebouwniveau</b>	Het integreren van energieconsumerende en producerende systemen op gebouwniveau m.b.v. slimme ICT-ICT-toepassingen voor regeling en afstemming van energievraag -en productie binnenshuis; van energiebesparing tot zelfvoorzienendheid	Slimme meters, regelsystemen met ICT interfaces, kleinschalige energieopwekkings -en opslagsystemen, software voor inzicht in energiehuishouding en optimalisatie ervan, isolatietechnologieën	Ontwikkeling van totaalconcepten, verbeterde samenwerking en kennisuitwisseling tussen verschillende stakeholders

## TRL-fase waarin de innovatie zich bevindt

De technologieën die nodig zijn voor NOM concepten, bijvoorbeeld hoogwaardige isolatie, warmtepompen, slimme meters, PV en zonnecollectoren, zijn grotendeels al in een ver ontwikkeld stadium (TLR 8-9-9+). Regelsystemen voor het slim integreren van verschillende energie consumerende- en producerende apparaten zijn echter nog volop in ontwikkeling (TRL 3-7). De uitdaging ligt voornamelijk in het optimaal combineren van de verschillende technologische opties in een totaalpakket. Het aanbieden van dergelijke totaalconcepten kan gezien worden als een systeeminnovatie en hier wordt nu volop mee geëxperimenteerd. Voorbeelden hiervan zijn ThuisBaas van Urgenda en 'Ons huis verdient het' van de Stroomvernetting.

## Maatschappelijke bijdrage

De gebouwde omgeving is in Nederland verantwoordelijk voor 38% van de totale finale energieconsumptie<sup>58</sup>. Verduurzaming van de energievoorziening voor de gebouwde omgeving is dus cruciaal voor het behalen van de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen voor 2030 en 2050.

Daarnaast bestaat het merendeel van de energieconsumptie in de gebouwde omgeving uit warmtevraag, grotendeels voorzien door middel van gasgestookte verwarmingsinstallaties. Van de totale energieconsumptie in de gebouwde omgeving bestaat 62% uit het gebruik van aardgas, en bij huishoudens is dit zelfs 72%<sup>59</sup>. Hoewel Nederland nu nog zelf aardgas produceert, is de productie in de afgelopen drie jaar gehalveerd vanwege de toenemende maatschappelijke weerstand tegen de Groningse gaswinning i.v.m. met de aardbevingen en de daardoor veroorzaakte schade<sup>60</sup>.

<sup>57</sup> Hoewel dit vanuit nationaal perspectief niet noodzakelijk een wenselijke ontwikkeling is, omdat hierdoor de kosten van de maatschappelijke energietransitie over een kleinere groep aangesloten moeten worden verdeeld.

<sup>58</sup> RVO (2016). Monitor energiebesparing in de gebouwde omgeving 2015.

<sup>59</sup> *Ibid.*

<sup>60</sup> CBS (2017) URL: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/09/aardgasexport-in-drie-jaar-gehalveerd> Laatst geraadpleegd op: 23-07-2017

Nul op de meter concepten en (ICT-) oplossingen voor systeemintegratie op gebouwniveau stellen consumenten in staat te besparen op energiekosten, door zelf energie te produceren en de energievraag beter te optimaliseren. Dit laatste kan bijvoorbeeld door het gebruik van demand-response technologieën in combinatie met real-time pricing (wat het gebruik vereist van geïntegreerde modellerende tools)<sup>61</sup>. Nederlandse huishoudens zijn gemiddeld 145 euro per maand (of bijna 1800 euro per jaar) kwijt aan energielasten<sup>62</sup>. Een sterke afname van deze kosten kan hen in staat stellen om te investeren in duurzame energie-opwekking.

Naast kostenbesparingen zorgen NOM concepten voor verhoogde betrokkenheid en participatie van burgers in het energiesysteem. Dit geeft burgers meer invloed en grip op de inrichting van hun energiehuishouding. Bovendien worden burgers zich door slimme meters en energiemonitoring en -managementsystemen meer bewust van hun energieverbruik en mogelijkheden om energie te besparen. Op deze manier kunnen burgers zelf actief bijdragen aan de nationale CO<sub>2</sub>-reductieopgave.

## Beleid

Het stimuleren van duurzame elektriciteit op het niveau van huishoudens is met de salderingsregeling voor PV modules de afgelopen jaren een belangrijk beleidsinstrument geweest. De salderingsregeling zal in ieder geval tot in 2023 in stand gehouden worden, daarna zal een overgangsregeling worden gemaakt naar een soberder beleidsinstrument<sup>63</sup>. Daarnaast zet de Nederlandse overheid in op de grootschalige hernieuwbare elektriciteitsopwekking d.m.v. wind op zee, wat ook een bijdrage kan leveren aan een CO<sub>2</sub>-arme elektriciteitsvoorziening voor de gebouwde omgeving.

Op het gebied van lage temperatuurwarmte ziet de overheid energiebesparing en het vervangen van fossiel aardgas met CO<sub>2</sub>-arme alternatieven als de belangrijkste prioriteiten<sup>64</sup>. Om energiebesparing in huishoudens te bevorderen is in 2016 de 'subsidieregeling energiebesparing in eigen huis' in het leven geroepen, waarvoor tot 2018 €60 miljoen beschikbaar is<sup>65</sup>. Deze regeling is zeer succesvol en per mei 2017 was het voorlopige budget van de regeling al overschreden. Inmiddels is voor ruim €52 miljoen aan subsidies aangevraagd en ruim €40 miljoen aan subsidies verstrekt<sup>66</sup>. Daarnaast is er een subsidie beschikbaar voor de aanschaf van duurzame warmtetechnologieën (ISDE regeling), waaronder zonneboilers, warmtepompen, pelletkachels en biomassaketels, waarvoor komend jaar €90 miljoen beschikbaar is.

Naast de nationale wetgeving is er ook Europese wetgeving die betrekking heeft op NOM concepten en systeemintegratie op gebouwniveau. Een belangrijk instrument is de Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), die stelt dat vanaf 2020 alle nieuwbouw NOM gebouwen moeten zijn. Echter het realiseren van NOM is vooral een uitdaging bij bestaande bebouwing.

---

<sup>61</sup> Een recente studie van VITO waar active demand response werd toegepast op onder meer warmtepompen gecombineerd met thermische opslag geeft aan dat de jaarlijkse operationele kost per consument afneemt met 200 tot 400 euro (afhankelijk van aantal participanten)

<sup>62</sup> Milieucentraal (2017) URL: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/> Laatst geraadpleegd op: 23-07-2017

<sup>63</sup> Essent (2017) URL: <https://www.essent.nl/content/particulier/kennisbank/zonnepanelen/salderingsregeling-zonnepanelen.html> Laatst geraadpleegd op: 23-07-2017

<sup>64</sup> Economische zaken (2016) Energieagenda - Naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening

<sup>65</sup> RVO (2017) URL: <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/subsidie-energiebesparing-eigen-huis> Laatst geraadpleegd op: 23-07-2017

<sup>66</sup> *Ibid.*

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: +

Zoals eerder genoemd ligt bij het ontwikkelen en implementeren van NOM concepten de nadruk niet op het ontwikkelen van nieuwe technologieën, maar op het slim combineren en integreren van bestaande technologische oplossingen in een coherent geheel. Daarom is er bij deze systeeminnovatie relatief weinig potentieel voor grootschalige R&D op technologiegebied. Hetzelfde geldt in grote mate voor de productiefase, aangezien veel van de benodigde technologieën zoals PV modules, warmtepompen voornamelijk in het buitenland geproduceerd worden. Een uitzondering is de ontwikkeling van ICT-toepassingen voor het slim integreren van energiesystemen en het afstemmen van energieproductie en vraag binnen een gebouw. Voor dergelijke toepassingen bestaat in Nederland wel degelijk potentie in de R&D en -productiefasen. De NOM concepten zijn echter het meest relevant voor de marketing en dienstverleningsfase, aangezien de energiezuinige renovatieconcepten als dienst aan de consument worden aangeboden.

Echter, wanneer we kijken naar de onderliggende technologische innovaties van deze waardeketen (systeem) dat stellen we vast dat deze grotendeels beschikbaar zijn (TRL = 9 en 9+). Omdat deze vandaag ook op beperkte schaal commercieel worden ingezet krijgt deze indicator een score +.

### Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: 0

De Nederlandse woningbouwsector is een zeer conservatieve sector die weinig initiatief neemt in het toepassen van duurzame innovaties<sup>67</sup>. Hieraan liggen een aantal factoren ten grondslag, zoals het feit dat in Nederland een zeer klein deel van de bouwopdrachten privaat wordt aanbesteed, wat leidt tot een split incentive tussen de opdrachtgever en de uiteindelijke bewoners of gebruikers van het gebouw<sup>68</sup>.

Woningbouwcoöperaties hebben lange tijd weinig initiatief genomen in het bijdragen aan een radicale energietransitie, maar recentelijk zijn er verschillende projecten opgestart om te experimenteren met NOM renovaties. Zo is in Groningen een samenwerkingsverband van plan om in 11 000 portiekwoningen NOM renovaties toe te passen en in Utrecht worden momenteel in het project Flat met Toekomst acht flats als pilot energieneutraal gerenoveerd<sup>69</sup>. Als de acht gerenoveerde woningen daadwerkelijk energieneutraal blijken te zijn en de bewoners tevreden zijn wordt het project uitgebreid naar 40 andere woningen.

Naast de vaak conservatieve bouwbedrijven en projectontwikkelaars bestaan er ook organisaties in Nederland die de energietransitie proberen te versnellen. Voorbeelden hiervan zijn burgerinitiatieven zoals Urgenda, maar ook De Stroomversnelling. Daarnaast is er een breed scala aan energiebesparingsadviesbureaus en renovatiebedrijven die energiebesparende renovaties aanbieden. Tevens is er een groot aantal partijen dat informatie verstrekt (e.g. via websites) aan consumenten over hoe ze hun huis kunnen verduurzamen.

Al met al geeft deze indicator een gemengd beeld. Enerzijds verloopt de energietransitie in de gebouwde omgeving tot nu toe vrij traag, mede door conservatisme en gebrek aan leiderschap in de

<sup>67</sup> PBL (2011) Waarom de energietransitie van de woningsector niet opschiet

<sup>68</sup> Ibid.

<sup>69</sup> De Ingenieur (2017) URL: <https://www.deingenieur.nl/artikel/dura-vermeer-minimale-overlast> ; Flat met toekomst (2017) URL: <http://flatmettoekomst.nl/het-project/> Beiden laatst geraadpleegd: 24-08-2017



bouwsector, maar anderzijds ontstaan er van onderop veel initiatieven om de verduurzaming van de gebouwde omgeving te versnellen. Daarom krijgt deze indicator de score 0.

### Indicator 3 - Huidige marktomvang

Score: 0

Er is in Nederland een groot aantal bedrijven dat zich bezighoudt met isolatiewerkzaamheden in de bouw. De jaarmzet in deze sector is tussen 2010 en 2014 gestegen van € 1,9 mld naar € 2,4 mld en de toegevoegde waarde van € 867 mln naar € 1,13 mld<sup>70</sup>. Een belangrijke kanttekening is echter wel dat het aantal NOM gebouwen in Nederland nog vrij beperkt is en dat er weinig bedrijven zijn die totaalconcepten aanbieden, met name als het gaat om energiezuinige renovatie van bestaande bouw. De sector energiesystemen en energiebesparing, waar onder andere bedrijven onder vallen die energiebesparende technologieën ontwikkelen of produceren en bedrijven die advies geven omtrent energiebesparing, is de afgelopen jaren ook sterk gegroeid. Tussen 2010 en 2014 is de omzet in deze sector gegroeid van € 5,2 mld naar € 7,2 mld en de toegevoegde waarde van € 1,8 mld naar € 2,4 mld<sup>71</sup>. Het is wel belangrijk om hierbij in ogenschouw te nemen dat de sector energiesystemen en energiebesparing ook bedrijven bevat die geen betrekking hebben op de gebouwde omgeving, zoals bedrijven die actief zijn in de productie uitrol van hernieuwbare energietechnologieën (bijv. windparken).

Intelligente ICT-systemen, waaronder geautomatiseerde regelsystemen en toepassingen voor gebruikers zoals smartphone apps en webtools voor binnenshuis energiebeheer, zijn een essentieel onderdeel van een toekomstbestendig energiesysteem voor huishoudens. Temeer omdat dergelijke systemen ook nodig zijn voor het integreren van huishoudens in smart grids. Nederland heeft een sterke ICT-sector, die de laatste jaren een gestage groei heeft doorgemaakt. Tussen 2007 en 2015 is het aandeel van de ICT-sector in het Nederlandse BBP gestegen van 4,2 naar 4,6%<sup>72</sup>. De groei in de sector komt vrijwel uitsluitend uit de ICT-dienstverleningssector, waar het aantal bedrijven de afgelopen jaren gestaag gegroeid. Tussen 2011 en 2016 is het aantal bedrijven in deze sector met 33,6% gegroeid. De toegevoegde waarde van de sector 'diensten op het gebied van informatie', waar data-analyse, webhosting en webportals toe behoren is in diezelfde periode met bijna 15% gestegen tot € 1.2 miljard<sup>73</sup>. Het aandeel van bedrijven dat zich binnen deze sector met toepassingen voor de energiehuishouding in de gebouwde omgeving bezighoudt is uiteraard relatief klein.

Kortom, de sectoren die nodig zijn voor de uitrol van NOM woningen zijn in Nederland sterk vertegenwoordigd. Het aantal (bijna) NOM gebouwen is tot nu toe echter nog zeer beperkt en er zijn weinig bedrijven die totaalconcepten aanbieden, met name als het gaat om energiezuinige renovatie van bestaande bouw. De sector die nodig is voor het realiseren van NOM woningen is dus al aanwezig, maar moet zich hier veel meer op gaan toeleggen, vandaar de score 0.

### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: +

De groei van de sector isolatiewerkzaamheden in de bouw heeft zich ook vertaald in een toename in het aantal fulltime banen van 16 800 in 2010 naar 18 600 in 2014<sup>74</sup>. In de sector energiesystemen en energiebesparing is het aantal banen in diezelfde periode gegroeid van 19 400 naar 23 800<sup>75</sup>.

70 CBS (2017) Nationale rekeningen - milieusector naar activiteit.

71 Ibid.

72 EZ (2016) ICT, kennis en economie 2016.

73 Ibid. NB: tot deze sector (NACE 63) behoren ook journalistieke diensten die niets met ICT van doen hebben.

74 CBS (2017) Nationale rekeningen - milieusector naar activiteit.

75 Ibid.

In 2014 waren 3000 van de 365 000 ICT-ers in Nederland werkzaam in de energiesector, komend vanaf 2000 mensen in 2005 en pieken van rond de 4000 werkzame ICT-ers in 2010 en 2013<sup>76</sup>. De werkgelegenheid op het gebied van energievoorziening en- besparing in Nederland is substantieel en groeiende, maar het aantal mensen dat zich op dit moment daadwerkelijk met het realiseren van energieneutrale woningen bezighoudt is nog zeer beperkt.

Samengevat zorgt de 'sector'duurzame energieactiviteiten (voornamelijk energiebesparing en installatie van zonnepanelen) voor 46.000 fte in 2014. De sector levert dus op dit moment al een grote werkgelegenheid (hoewel de systeenaanpak beter kan) en scoort daarom een +.

## Potentieel voor opschaling

### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: +

De kansen voor Nederland op het gebied van NOM renovaties liggen vooral in de laatste fase van de waardeketen. Daarom ligt de kennis die nodig is voor opschaling van deze innovatie met name op het vlak van praktische expertise en know-how over alle mogelijk toepasbare technologieën bij de bedrijven en organisaties die de renovaties uitvoeren. De Nederlandse bouw, bouwmaterialenindustrie en architecten -en ingenieursdiensten hebben volgens recent onderzoek van TNO een relatief zwakke kennispositie, en de kennisbasis in de elektrotechnische industrie wordt als gemiddeld beoordeeld<sup>77</sup>. Het is dan ook niet verrassend dat het toepassen van innovatieve technologieën in de gebouwde omgeving slechts in zeer beperkte mate gebeurt. Hoewel de informatie over de beschikbare technologieën en mogelijkheden voor NOM concepten door verschillende organisaties en online platformen wordt aangeboden (en is de kennis aanwezig), ontbreekt het de uitvoerende bouw -en installatiebedrijven vaak aan voldoende aantal opgeleide werkkrachten om nieuwe technologieën toe te passen<sup>78</sup>. Bedrijven zijn vaak gespecialiseerd in bepaalde technieken en zijn terughoudend om met innovatieve oplossingen te experimenteren<sup>79</sup>. Voor succesvolle opschaling is een betere kennisuitwisseling tussen verschillende organisaties en het trainen van professionals in de bouw -en installatiesector voor het toepassen van innovatieve technologieën dus essentieel. Volgens een recent onderzoek naar de status van NOM woningen in de EU scoort Nederland gemiddeld als het gaat om de expertise die aanwezig is bij de betrokken actoren<sup>80</sup>.

Voor het ontwikkelen van innovatieve ICT-oplossingen voor lokale systeemintegratie zijn kennis en praktijkervaring op het gebied van ICT-hardware en -software, maar ook de integratie van energienetwerken en digitale netwerken van belang. Het is daarom belangrijk dat er goede opleidingen zijn op deze gebieden. Nederland heeft momenteel een sterke kennispositie in de informatie en -communicatiewetenschappen, wat kansen biedt voor het ontwikkelen van de digitale systemen die nodig zijn voor het regelen en monitoren van de energiehuishouding in NOM gebouwen.

Samenvattend, heeft Nederland nog belangrijke stappen te zetten naar opschaling wat betreft de kennis en expertise die nodig is voor het realiseren van NOM gebouwen. Echter, de expertise en opleidingscentra (samen met de nodige financiële middelen) zijn aanwezig, samen met een sterke uitgangspositie als het gaat om het ontwikkelen van ICT-oplossingen voor systeemintegratie op

76 CBS (2016) ICT, Kennis en economie.

77 TNO (2017) Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes.

78 PBL (2011) Waarom de energietransitie van de woningsector niet opschiet

79 Ibid.

80 ZEBRA2020 (2016) Nearly zero-energy building strategy 2020 - D6.2: Strategies for nZEB market transition on national level.

gebouwniveau. Omdat alle kennisgebieden noodzakelijk voor uitbouw van deze innovatie in voldoende mate aanwezig zijn in Nederland, scoort deze indicator een +.

#### Indicator 6 - Randvoorwaarden voor opschaling

Score: +

##### **Randvoorwaarde 1: Beschikbaarheid technologieën**

Voor het realiseren van energieneutrale woningen is de beschikbaarheid van verschillende technologieën, waaronder hoogwaardige isolatiematerialen, innovatieve technologieën voor warmteproductie zoals warmtepompen en zonneboilers, maar ook nieuwe verwarmingssystemen zoals infraroodverwarming. Er is inmiddels een breed scala aan technologieën van verschillende aanbieders op de markt waarmee energieneutrale huizen gerealiseerd kunnen worden.

##### **Randvoorwaarde 2: Eenvoudige totaalconcepten**

Hoewel veel bewoners en gebouweigenaren bereid lijken hun woning of gebouw te verduurzamen, zijn velen niet in staat om zelf een heel plan op te stellen van alle benodigde aanpassingen en technologieën. Daarom moeten de verschillende benodigde technologieën niet allemaal apart, maar als een compleet NOM totaalpakket aan de consument aangeboden worden, maar dergelijke concepten zijn tot op heden schaars.

##### **Randvoorwaarde 3: Betaalbaarheid**

Bij het realiseren van energieneutrale woningen is het van groot belang dat de kosten opwegen tegen de besparing die de renovatie met zich meebrengt. Bij oude woningen kan niet altijd aan deze randvoorwaarde voldaan worden, omdat er bij deze woningen zulke ingrijpende veranderingen nodig zijn dat de kosten te hoog oplopen. In dergelijke gevallen is sloop gevolgd door nieuwbouw de meest kosteneffectieve optie. Een groot deel van de huidige woningvoorraad lijkt echter wel geschikt te zijn om met de huidige middelen op betaalbare wijze tot NOM woningen te renoveren (waarbij eerder moet worden ingezet op duurzame energie-opwekking dan in het extreem isoleren van de woning).

##### **Randvoorwaarde 4: Digitale infrastructuur & competenties**

Zoals eerder al genoemd functioneren energieneutrale gebouwconcepten optimaal door integratie van energiesystemen d.m.v. ICT-oplossingen. Hiervoor is het van belang dat de benodigde ICT-infrastructuur aanwezig is en dat gebruikers in staat zijn om de toegepaste hard en -software te gebruiken. De Nederlandse consument is zeer actief in smartphone en internetgebruik. Qua intensiteit van gebruik van digitale technologieën komt Nederland wereldwijd op de derde plaats<sup>81</sup>. Ook is in Nederland een zeer goede digitale infrastructuur aanwezig. Deze randvoorwaarde lijkt dus geen belemmering voor opschaling van NOM concepten op de Nederlandse markt.

Kortom, de Nederlandse woningmarkt lijkt te beschikken over de randvoorwaarden om opschaling van NOM renovaties te vergroten wat resulteert in de score +.

#### Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: 0

##### **Gebrek aan een coherent en stabiel overheidsbeleid**

Een groot aantal stakeholders in de gebouwde omgeving ziet regelmatig (vaak abrupt) veranderend overheidsbeleid als één van de belangrijkste oorzaken van de gebrekkige voortgang van de energietransitie in deze sector<sup>82</sup>. Een duidelijke visie en een coherent en stabiel langetermijnbeleid

<sup>81</sup> World Economic Forum (2016). The Global Information Technology Report 2016 - Innovating in the Digital Economy

<sup>82</sup> PBL (2011) Waarom de energietransitie van de woningsector niet opschiet

zijn dus essentieel, om de betrokken partijen voldoende vertrouwen te geven om in NOM renovaties te investeren.

### **Bouwnormen**

Strikte bouwnormen worden specifiek benoemd als belemmering voor duurzame innovaties in de woningbouw. Zo wordt de energieprestatienorm (EPN) gezien als een beleidsinstrument dat vooral gericht is op het in beweging krijgen van achterblijvers, maar weinig experimenteer ruimte biedt voor koplopers<sup>83</sup>. Daarnaast kunnen welstandscommissies en specifieke bepalingen in het bestemmingsplan een knelpunt vormen voor het toepassen van duurzame innovaties aan de buitenkant van de woning. Verder presteert Nederland onder het Europese gemiddelde als het gaat om het in ogenschouw nemen van kosten-optimalisatie in de bouwnormen<sup>84</sup>.

### **Split incentives**

Bij veel panden zijn de huiseigenaren niet degenen die de energierekening betalen. Hierdoor ontstaat een zogeheten split incentive, waar de huiseigenaar een investering moet doen, terwijl de bewoners/gebruikers van het pand hiervan de vruchten plukken. Daarom moet gezocht worden naar nieuwe organisatievormen om dit probleem te doorbreken, bijvoorbeeld door huurders mee te laten betalen aan de investering.

### **Financiering**

Voor veel huishoudens is de grootte van de korte-termijn investering een belangrijke drempel om een energiezuinige renovatie uit te stellen of niet te doen, omdat het geld voor de benodigde investering niet voor handen is. Daarom is het essentieel dat er goede financieringsmogelijkheden zijn in de vorm van subsidies of leningen. Banken zijn vaak terughoudend in het verstrekken van leningen voor energiezuinige renovaties, vanwege lange looptijden en onzekerheid over het rendement (bijv. in de vorm van waardevermindering van het pand).

Samengevat zijn er in Nederland nog wel wat belangrijke barrières die weggenomen moeten worden, voordat de energietransitie in de gebouwde omgeving ongehinderd kan plaatsvinden. Hierbij is het van groot belang dat bouwnormen aan een kant ambitieuze eisen stellen aan de duurzaamheidsprestaties van gebouwen maar ook voldoende ruimte bieden voor experimentatie met innovatieve oplossingen. Een lange termijnvisie en stabiel beleid is hierbij essentieel. Er moeten dus nog duidelijk stappen genomen worden om knelpunten weg te nemen, maar de knelpunten lijken niet onoverkomelijk. Vandaar de score 0.

### **Indicator 8 - Verwacht draagvlak**

**Score: +**

Er is in de maatschappij een duidelijk momentum voor verduurzaming. Uit recent onderzoek van Motivaction blijkt dat 61% van de Nederlanders positief is over het zelf bijdragen aan verduurzaming van de energievoorziening<sup>85</sup>. Daarnaast is 82% van de geïnterviewden positief over het beter isoleren van gebouwen en woningen. NOM concepten leiden op de langere termijn tot lagere energiekosten en meer zeggenschap over de eigen energiehuishouding. Logischerwijs kan deze ontwikkeling dus op brede maatschappelijke steun rekenen. Echter, de hoge korte-termijn kosten vormen vaak een barrière voor het uitvoeren van energiezuinige renovaties. Daarom is er een grote behoefte aan sterk beleid, bijvoorbeeld in de vorm van subsidies, of andere prijsprikkels zoals een CO<sub>2</sub>-belasting. Een ander

<sup>83</sup> Ibid.

<sup>84</sup> ZEBRA2020 (2016) Nearly zero-energy building strategy 2020 - D6.2: Strategies for nZEB market transition on national level.

<sup>85</sup> Motivaction (2016) Energievoorziening 2015-2050: publieksonderzoek naar draagvlak voor verduurzaming van energie.

belangrijke voorwaarde voor behoud van maatschappelijk draagvlak is dat te midden van en vergaande digitalisering van energiesystemen en toepassing van slimme meters, de privacy van burgers en cyber security gewaarborgd kunnen worden<sup>86</sup>.

#### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: 0

Toepassing van NOM renovaties valt vooral binnen de marketing en -dienstverleningsfase. Fundamenteel onderzoek en R&D is voor deze systeeminnovatie maar in zeer beperkte mate van belang en opschaling van de productie van energiezuinige technologieën voor de gebouwde omgeving ligt in Nederland ook niet voor de hand gezien de matige competenties van Nederland op het gebied van elektro en-energietechniek (zie indicator 5). Op het gebied van het ontwikkelen van ICT-oplossingen voor systeemintegratie in de gebouwde omgeving en van nieuwe apps en tools voor consumenten om energiesystemen te beheren en monitoren bestaan wel degelijk kansen voor opschaling over de gehele waardeketen. Samenvattend, zijn er in Nederland dus gemiddelde mogelijkheden voor uitbouw in de waardeketen, wat de score 0 oplevert.

#### Indicator 10 - Potentiële marktomvang

Score: +

De potentiële markt voor NOM woningen is enorm. In Nederland zijn er tot nu toe 3,2 mln woningen voorzien van een energielabel. Als we aannemen dat de labels van deze woningen representatief zijn voor de gehele woningvoorraad leidt dit tot een totaal van ruim 4 mln woningen met een energielabel C of lager. Ervan uitgaande dat al deze woningen een NOM renovatie ondergaan en dergelijke renovaties 35 000 tot 45 000 euro kosten<sup>87</sup>, leidt dit tot een totale waarde van 141-182 miljard euro die door het Nederlandse bedrijfsleven verdiend kan worden. Daarnaast zijn er, mits er goede universele NOM totaalconcepten ontwikkeld worden, wellicht mogelijkheden om deze te verkopen aan consumenten in buurlanden. Export op grotere afstand is onwaarschijnlijk aangezien er bij renovaties arbeid ter plaatse verricht dient te worden. Verder zijn de sectoren die bij de implementatie van NOM woningen dicht betrokken zullen zijn in Nederland sterk vertegenwoordigd (zie indicator 3). Uit de bovengenoemde zaken volgt de score + voor deze indicator.

## Internationale concurrentie

#### Indicator 11 - Bestaande internationale concurrentie

Score: 0

Nederland presteert op Europees niveau gemiddeld als het gaat om de voortgang van NOM woningen. Denemarken, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk zijn koplopers en ook Oostenrijk en Zweden lopen voor op Nederland<sup>88</sup>. De terreinen waar Nederland t.o.v. de concurrentie nog het meest achterloopt zijn: de ontwikkeling van bouweisen die zorgen voor kostenefficiënte implementatie van NOM gebouwen, expertiseniveau bij betrokken stakeholders en nationaal beleid ter ondersteuning van marktontwikkeling van NOM gebouwen<sup>89</sup>.

#### Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling

Score: +

Nederland is binnen de EU één van de landen met de minste beleidsmaatregelen ter stimulering van NOM gebouwen<sup>90</sup>. Tegelijkertijd is Nederland één van de weinige EU lidstaten die concrete kwantitatieve doelen heeft gesteld voor energiezuinige renovaties. Zo is er de doelstelling om voor de

<sup>86</sup> Topsector Energie (2017) Digitalisering in het Energielandschap - Data, the world's most valuable resource.

<sup>87</sup> NB voor een deel van de woningvoorraad, waaronder zeer oude panden, kunnen de kosten voor een nul op de meter renovatie significant hoger uitvallen.

<sup>88</sup> ZEBRA2020 (2016) Nearly zero-energy building strategy 2020 - D6.2: Strategies for nZEB market transition on national level.

<sup>89</sup> Ibid.

<sup>90</sup> JRC (2016) Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs)

woningvoorraad van woningbouwcoöperaties gemiddeld een energielabel B te bereiken en voor private huiseigenaren een minimum label C voor 80% van de woningen voor 2020<sup>91</sup>. Andere lidstaten beschikken niet over zulke concrete doelstellingen voor de verduurzaming van de bestaande woningvoorraad en daarom wordt aan deze indicator de score + toegekend.

---

<sup>91</sup> *ibid.*

# Fiche 3: Energieneutrale wijken

## Wat is het?

### Verantwoording

Dé uitdaging in de gebouwde omgeving is het versneld verduurzamen van de bestaande woningvoorraad, want gegeven de levensduur van de bestaande woningvoorraad zullen de huidige gebouwen nog voor een groot deel bestaan in 2050. Reden dus om te focussen op de bestaande gebouwde omgeving en hoe deze op een rendabele wijze energiezuinig gerenoveerd kan worden. Dat moet niet alleen gebeuren binnen de gebouwen zelf door bewoners en eigenaren, maar ook op wijkniveau. Daarbij moeten met name woningbouwverenigingen, bouwbedrijven en gemeenten bijvoorbeeld keuzes maken wat de opvolger wordt van de nu alomtegenwoordige gasverwarmingsnetwerken in wijken, welke woningen gesloopt danwel gerenoveerd worden en hoe de wijken in de toekomst worden ingericht om ze zowel energiezuinig, klimaatbestendig als prettig leefbaar voor de bewoners te maken. Het gaat hierbij om een meer organisatorische en planmatige innovatie dan om een puur technologische innovatie. Financieringsconstructies en opschaalbaarheid van oplossingen spelen daarbij onder meer een rol.

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nieuwbouwwijken gaan los van gas</li> <li>- Bij bestaande wijken wordt stapsgewijs overgegaan naar duurzame oplossingen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uitbreiding stadsverwarming</li> <li>- Stimuleren hernieuwbaar in de gebouwde omgeving op wijk- (en woning)niveau;</li> <li>- Stimuleren energiecoöperaties</li> </ul>
<b>Radicaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Wijken waarvan de kost te hoog is - om ze kosteneffetceif duurzaam te maken - worden gesloopt;</li> <li>- Bestaande wijken worden via totaalconcepten omgeturnd naar duurzame wijken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasvrije wijken</li> <li>- Totaalconcepten duurzame wijken</li> <li>- Oprichten wijkcomités voor verduurzaming / nieuwe vormen van lokale participatie voor leef- en duurzaamheid</li> </ul>

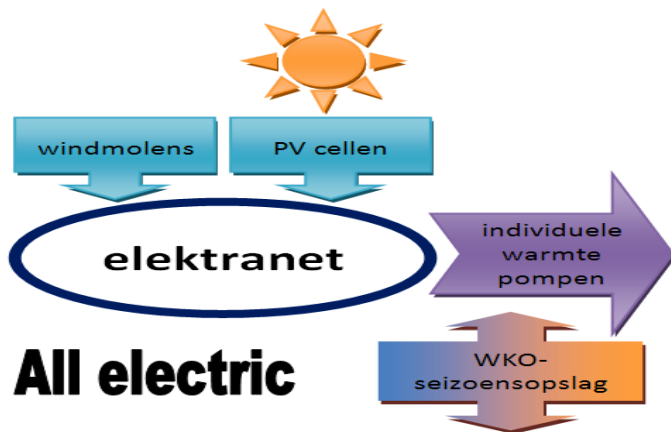
### Definitie

Deze fiche richt zich op de ontwikkeling van duurzame wijken en het ontwikkelen en vermarkten van concepten daarvoor.

De belangrijkste energieconcepten voor toekomstige duurzame wijken worden hieronder kort besproken<sup>92</sup>:

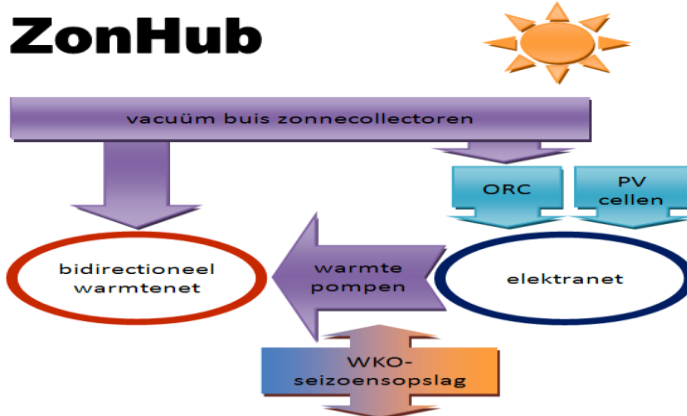
1. **All electric:** Dit concept gaat ervan uit dat alle primair geleverde energie elektriciteit is, komende o.a. van PV en onshore wind. Voor warmte wordt gebruik gemaakt van elektrische warmtepompen (bijv. die gebruik maken van verticale bodemwarmtewisselaars als warmtebron). In de zomer zorgt de bodem onder de gebouwen voor gebouwkoeling.  
Uitsluitend een all-electric concept hanteren is vrij utopisch omwille van de weersafhankelijkheid van de bronnen (PV en wind) - (dure en/of inefficiënte) energieopslag zou dit probleem deels kunnen verhelpen. Dit energieconcept kan dus het best samen gaan met andere concepten.

<sup>92</sup> Figuren komen allen uit de Brochure Duurzame gebiedsontwikkeling

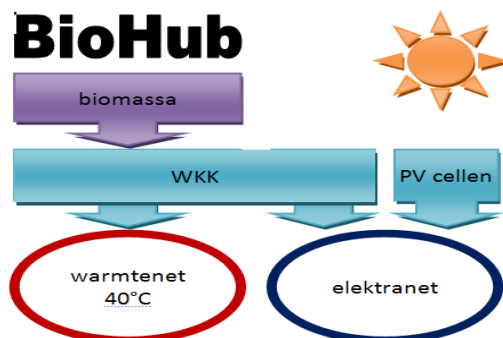


2. **Zon-hub:** De warmte uit de vacuümbuiscollectoren wordt via een bidirectioneel warmtenet opgeslagen (ondiepe geothermisch doubletten of in een diep plas). Elektriciteit wordt gegenereerd via PV modules of een Organic Rankine Cycle (ORC). In de winter wordt de werking van de ORC omgekeerd.

Een zon-hub genereert primair zowel warmte als elektriciteit maar is te weersafhankelijk om als energieconcept alleen te functioneren (ook niet in combinatie met energie-opslag).

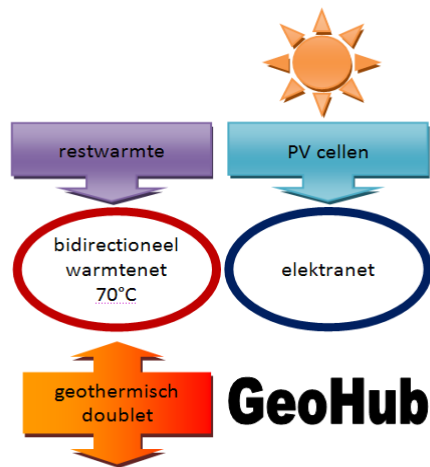


3. **Biohub:** In dit concept wordt gebruik gemaakt van de verbranding van biomassa (of afval) voor het genereren van warmte. Dit kan via een WKK of een afvalverbrandingsinstallatie (AVI). Een AVI kan als restwarmtebron functioneren (aan relatief lage temperaturen) maar ook als rechtstreekse warmtebron voor sanitair en verwarmingswater. Daarnaast wordt elektriciteit voorzien via de WKK en PV modules.





4. **Geohub:** bij dit energieconcept komt de warmte uit geothermie en/of via de industrie/ elektriciteitscentrale (als restwarmte). PV modules leveren de nodige elektriciteit. Indien de dimensionering van de systemen (aanbod cf vraag naar warmte) goed op elkaar zijn afgestemd, kan dit concept voor warmte autonoom functioneren. Echter, voor elektriciteit is een back-up vereist.



Zoals reeds kort aangegeven zullen in realiteit, verschillende energieconcepten onderling gecombineerd worden afhankelijk van de lokale situatie. Bovendien zullen deze concepten de eerste jaren gecombineerd worden met de bestaande en dus conventionele energieconcepten om de transitie kostenefficiënt te laten verlopen en leveringszekerheid te garanderen.

Het stappenplan voor zowel een incrementele als radicale systeemaanpak ziet er ongeveer als volgt uit:

1. het oprichten van een wijkcomité samen met afgevaardigde(n) van de gemeente + gebruikmaken van kennis aangeboden door instanties zoals RVO, provincies en eventueel netbeheerders
2. het opstellen van een energiebehoeftekaart (en aansluitend een energie/warmtekansenkaart): de eerste kaart moet de energievraag aangeven (incl. projecties) waar de tweede kaart de mogelijke type van energie-aanbod weergeeft, zowel individueel (bv. PV of warmtepomp) als collectief (bv. wind of stadswarmte)
3. het opstellen en bediscussiëren van verschillende scenario's (eventueel gebruik maken van 3D tools zoals HEAT (van Alliander) en de berekening van de kosten en baten van elk van de scenario's
4. het bespreken van de consequenties van het gekozen scenario op wijkniveau
5. opstellen business case en financiering
6. implementatie

### Scope

In deze fiche ligt de focus op totaalsystemen en concepten voor energiezuinige, klimaat- en toekomstbestendige en leefbare (her)inrichting van de (bestaande) gebouwde omgeving. De focus ligt daarbij op wijkniveau. Concepten voor de woning zelf zijn onderwerp van de fiche 'systeemintegratie op gebouwniveau' en vallen buiten het bestek van deze fiche.

Systeem-innovatie	Wat is het?	Benodigde technologische innovatie	Benodigde niet-technologische innovatie
De bestaande gebouwde omgeving op wijkniveau rendabel energieneutraal maken	Totaalconcepten op wijkniveau voor energiezuinige herinrichting van de gebouwde omgeving Financieringsconstructies Opschaalbaarheid	Beperkt (afhankelijk van de keuzes)	Het plannen en aanbieden van totaalconcepten en voor een energiezuinige herinrichting van de leefomgeving en deze koppelen aan financieringsconstructies

## Maatschappelijke bijdrage

De maatschappelijke bijdrage om te streven naar duurzame/energie neutrale wijken ligt voor de hand. Energieconsumptie in de gebouwde omgeving beslaat bijna 40% van het Nederlandse energieverbruik. Echter, de maatschappelijke uitdagingen zijn enorm: 95% van de circa 7 miljoen Nederlandse woningen maken gebruik van aardgas. De transitie naar een energieneutrale (lees: aardgasvrije) gebouwde omgeving vergt niet alleen een enorme infrastructurele investering, maar moet ook hand in hand gaan met gedragsverandering. Positief aan een dergelijke keuze is de enorme impact op de werkgelegenheid.

## Beleid

De energieagenda van 7/12/2016, in lijn met het Klimaatakkoord van Parijs, geeft aan dat voor de gebouwde omgeving verder wordt ingezet op een vermindering van de warmtevraag, maar ook op een 'verregaande' vermindering van aardgasverbruik en om CO<sub>2</sub>-arme of -neutrale alternatieven in te passen. Tegelijkertijd zijn er ook nog aardig wat juridische obstakels (cf huidige aansluitplicht in de Gaswet). Het is wachten op de nieuwe bepalingen in het wetsvoorstel Voortgang Energietransitie en in de nieuwe Warmtewet zodat alvast geen nieuwe gasnetten moeten worden aangelegd in nieuwbouwwijken.

Het bovenstaande heeft ertoe geleid dat op 8/3/2017 de Green Deal Aardgasvrije Wijken werd ondertekend door EZ (samen met I&M en W&R) 29 gemeenten, 12 provincies en 5 netbeheerders. Doel van deze Green Deal is de ontwikkeling van aardgasvrije wijken te bespoedigen door onder meer kennisdeling en -ontwikkeling en door de nodige implementatievoorwaarden te creëren (zowel wetgevend, financieel als planologisch). Het National Expertisecentrum Warmte (NEW) van RVO zal op het vlak van kennisdeling een belangrijke rol spelen. Daarnaast zijn er reeds heel wat steden en gemeenten al meerdere jaren bezig om bestaande wijken aardgasvrij te maken (voornamelijk in gebieden die toegang kunnen krijgen tot stadswarmte).

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: 0

De technologieën beschreven in de energieconcepten zijn allen beschikbaar (op diepe geothermie na). Wel gaan we er vanuit dat de efficiëntie (en kost) van verschillende technologieën verder zal verbeteren. De uitdaging wordt het goed en tijdig ombouwen naar duurzame wijken wetende dat er jaarlijks circa 200.000 woningen moeten worden aangepakt (tegen 2050). Hoewel er recent een Green Deal aardgasvrije wijken werd getekend met een 30-tal gemeenten, is er onvoldoende capaciteit en know how bij de meeste Nederlandse gemeenten om deze problematiek degelijk op te pakken. Bovendien zijn de woningcorporaties, die een sleutelrol moeten spelen, onvoldoende betrokken. Daarnaast zijn er nog heel wat juridische struikelblokken en zijn de financiële middelen om deze grote structurele infrastructuurwerken aan te pakken onvoldoende aanwezig (zowel vanuit een publiek, privaat en huishoudelijk denken). Echter, omdat de systeeminnovatie terugvalt op onderliggende technologische innovaties die vandaag grotendeels beschikbaar zijn en waarvoor tevens verschillende pilots actief zijn, wordt geen negatieve score gegeven maar een '0'.

### Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: 0

Zoals hierboven reeds aangegeven, zijn er reeds heel wat organisaties betrokken bij de ontwikkeling van het gedachtegoed van duurzame wijken (en 'los van gas'). In bepaalde wijken heeft dit reeds geleid tot actieplannen en effectieve implementatie. De Green Deal zorgt voor een goede basis voor nauwere

samenwerking tussen Nederlandse partijen en RVO voor verdere kennisdeling. Omdat organisaties uit meerdere delen van de waardeketen in Nederland betrokken zijn maar er nog geen omvattend netwerk aanwezig is (is in opbouw) wordt de score '0'.

### Indicator 3 - Huidige marktomvang

Score: 0

De huidige marktomvang van dit concept is moeilijk in te schatten. Indien we alle mogelijke energieconcepten (dus incl. individuele technologieën) meerekenen die leiden tot de ombouw naar meer duurzame wijken (dan denken we aan de marktomvang van energiebesparing in woningen, PV, warmtepompen, wamte-koude-opslag, warmtenetten, zonthermisch, etc.), dan komen we aan een geschatte marktomvang van meer dan 6 miljard euro (circa 1% van het BNP). Omdat deze berekeningen gebaseerd zijn op gegevens van 2010 en niet alle mogelijke technologieën zijn meegenomen is dit een onderschatting.<sup>93</sup> Indien we uitgaan van de assumptie dat alle afzonderlijke energieconcepten zullen leiden naar systeeminnovatie (en dus een totaalaanpak voor duurzame wijken) dan spreken van systeeminnovatie dat gebaseerd is op meerdere subsectoren die nu een al aanzienlijke marktomvang hebben (>1% BNP) en die op beperkte schaal al commercieel toegepast (dus een score '0').

### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: +

Indien we dezelfde redenering volgen als voor de schatting van de huidige marktomvang komen we op een minimum aantal banen (fte) van bijna 40.000<sup>94</sup>. Ook hier is dit een onderschatting omdat een aantal activiteiten zoals onshore wind, distributienetten, WKKs en AVIs niet worden meegenomen. Als we er vanuit gaan dat alle individuele technologieën samen zullen leiden tot systeeminnovatie (en dus de ombouw naar duurzame wijken) wordt de score een '+'. Echter, van een commerciële totaalaanpak is nog maar zelden sprake.

## Potentieel voor opschaling

### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: +

De benodigde kennis is strikt genomen aanwezig, omdat - om deze transitie te realiseren - de technologieën reeds uit ontwikkeld zijn. De kennis bij opschaling zal wel flexibel moeten worden toegepast, omdat de energiekansen (voor opwekking van duurzame energie) per wijk sterk zullen verschillen. De score is '+' omdat alle kennisgebieden noodzakelijk voor de uitbouw van de systeeminnovatie in voldoende mate aanwezig zijn in Nederland.

### Indicator 6 - Randvoorwaarden voor opschaling

Score: +

**Randvoorwaarde 1: Hernieuwbare energietechnologieën en energiebesparingstoepassingen worden goedkoper bij opschaling.** We mogen er vanuit gaan dat PV, thermische zonnepanelen, warmtepompen en andere duurzame energietechnologieën samen met verschillende energiebesparingstoepassingen bij verdere opschaling (lees: door meer vraag) goedkoper zullen worden.

**Randvoorwaarde 2: Van gasland naar een land zonder gas.** Nederland verschilt van andere EU lidstaten omdat het een belangrijke gasproducent is. Echter, zelfs los van de 'aardbevingsproblematiek' dient er op (middel)lange termijn gezocht te worden naar alternatieven (in een land waar 95% van de

<sup>93</sup> Energiebesparing bouw (€4.7 mrd), PV (€0.5 mrd), warmte + geothermie (€0.5 mrd), zonthermisch (€0.2 mrd); uit: TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

<sup>94</sup> Energiebesparing bouw (33k FTE), PV (1.5k FTE), warmte + geothermie (2.3k FTE), zonthermisch (0.6k FTE); uit: TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

woningen is aangesloten op het gasnet). Beter vroeg dan laat beginnen aan deze transitie met in het achterhoofd dat de bestaande gasnetten als back-up kunnen blijven functioneren voor heel wat jaren.

**Randvoorwaarde 3: Nederland, land van WKKs en AVIs.** De kennis die in Nederland is opgebouwd rond WKKs, AvIs en warmtenetten, kan in de toekomst verder worden ingezet door wijken te voorzien van warmte (liefst met lokaal geproduceerde biomassa)

**Randvoorwaarde 4: Nederland, land van woningcorporaties.** Nederland bekleedt een unieke positie in de wereld met 2,4 miljoen huurwoningen (Aedes, 2015) beheerd door woningcorporaties (of 73% van de huurwoningen in Nederland (cf. Cijfers over wonen en bouwen 2016, BZK)). Deze unieke positie geeft tal van mogelijkheden voor opschaling bij ombouw (of nieuwbouw, indien ombouw te duur is voor bepaalde type woningen).

Gegeven het bovenstaande kan gesteld worden dat Nederland over belangrijke specifieke randvoorwaarden voor opschaling beschikt, die in mindere mate aanwezig zijn in andere landen. Daarom de score '+’.

#### Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: 0

**Knelpunt 1: Samenwerkingsvormen.** Voor het duurzaam ombouwen van bestaande conventionele wijken naar duurzame wijken is veel overleg nodig tussen wijkbewoners enerzijds en de gemeente anderzijds om dit tot een succes te maken. De gemeenten (samen met woningcorporaties) moeten hier de regie in handen nemen. Echter, uit het verleden weten we dat dit allesbehalve een eenvoudige taak is (NL scoort in de EU slecht op het vlak van energiebesparingstoepassingen in de gebouwde omgeving en ook de implementatie van duurzaam energiebeleid loopt achter op het schema)<sup>95</sup>. Vraag is of het lukt om alle neuzen in dezelfde richting te krijgen, of wordt afgezien van het huidige consensusbeleid om in plaats daarvan bewoners te dwingen om mee te werken in de ombouw?

**Knelpunt 2: Capaciteit en vaardigheden in de bouw- en installatie-branche.** Voor de ombouw naar duurzame wijken (dan spreken we over een groot aandeel van de meer dan 7 miljoen Nederlandse woningen plus de aanleg van de nodige infrastructuur per wijk (bv leidingen voor warmte) zouden er jaarlijks minstens 400.000 fte nodig zijn (indien er gemiddeld, per jaar, 200.000 woningen omgebouwd worden, gerealiseerd in 1 jaar<sup>96</sup> tijd en er slechts 2 fte nodig zijn per woning). Bovendien dienen deze vaklui ook over de technische kwaliteiten te beschikken om deze transitie mogelijk te maken (zowel bouwkundig als installatietechnisch).

**Knelpunt 3: Budget.** Het laatste belangrijke knelpunt is wie deze transitie gaat financieren? De meeste Nederlandse gezinnen hebben geen 50.000 euro beschikbaar voor deze transitie, zelfs indien deze investering zich op zeer lange termijn terugverdient. De totaalkosten van deze transitie worden geschat op meer dan 300 miljard euro (waarde 2017). Vandaag is het nog onduidelijk of een subsidiebeleid en/of wettelijk dwang kan leiden tot deze investeringen. Bovendien is er het wettelijk kader in de

<sup>95</sup> 2016 assessment of the progress made by Member States in 2014 towards the national energy efficiency targets for 2020 and towards the implementation of the Energy Efficiency Directive 2012/27/EU as required by Article 24 (3) of the Energy Efficiency Directive 2012/27/EU (DG ENER, 2017)

<sup>96</sup> De ombouw in 1 jaar tijd veronderstelt dat enkel de schil (voornamelijk dak en ramen) wordt aangepakt en dat de woning niet bijna energieneutraal wordt gemaakt via uitsluitend energiebesparingsmaatregelen (omwille van een te sterk stijgende marginale kost). De idee is om een goede financiële afweging te maken per woning tussen enerzijds investeren in energiebesparingsmaatregelen en anderzijds in duurzame energie opwekking zodat de meeste woningen energieneutraal worden (dankzij eigen energie-opwekking) en dit tegen een gemiddelde kost van 50.000 euro per woning. In heel wat gevallen zal het financieel interessanter zijn om te investeren in duurzame energie-opwekking dan in energiebesparingsmaatregelen.

huursector dat ervoor zorgt dat de woonkosten acceptabel moeten blijven. Veel vragen en weinig antwoorden.

Hoewel de geschetste knelpunten belangrijk zijn, mogen we ervan uitgaan (eventueel op de Nederlandse huursector na) dat deze vergelijkbaar zijn als in andere landen en dus krijgt deze indicator een score '0'.

#### Indicator 8 - Verwacht draagvlak

Score: 0

Het verwachte maatschappelijke draagvlak om te streven naar duurzame wijken (en los van gas) is momenteel groot, zeker bij beleidsmakers (cf de green deal). De vraag is hoe huishoudens zullen reageren wanneer de gevolgen (cf financieel) van een duurzaam wijkbeleid bekend zullen worden. De innovatie heeft nu dus maatschappelijk draagvlak maar zal hoogstwaarschijnlijk in de toekomst, vanwege de financiële consequenties op weerstand stuiten bij het breder publiek. Vandaar de score '0'.

#### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: +

De uitbouw van alle fasen in de waardeketen is mogelijk (en trouwens een voorwaarde om grootschalig 'los van gas' te gaan). Omdat de uitbouw zowel mogelijk is in de dienstverlening op systeemniveau als bij de onderliggende technologieën scoort de indicator een '+'.

#### Indicator 10 - Potentiële marktgroottes

Score: +

Indien het effectief de bedoeling is om tegen 2050 'los van gas' te gaan is de potentiële marktgroottes enorm (alle 7,6 miljoen woningen). Zelfs indien monumentale panden en specifieke stadswoningen niet worden meegenomen blijft dit een huzarenopdracht. We gaan er vanuit dat het huidige beleid hier in de toekomst verder werk wil van maken en dat de systeemaanpak de hele woningsector/wijksector zal omvatten. De indicator scoort daarom '+'.

## Internationale concurrentie

#### Indicator 11 - Bestaande internationale concurrentie

Score: +

Hoewel in het buitenland bepaalde gemeenten en steden ook (vooral) nieuwe wijken energieneutraal willen uitbouwen is er momenteel in geen enkel land nationaal beleid (cf green deal) om totaalconcepten (zoals 'los van gas') nationaal te gaan coördineren. Nederland is dus de koploper op dit gebied (cf. score '+').

#### Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling

Score: +

Gegeven het feit dat 95% van de Nederlandse woningen gekoppeld is aan het gasnet (vrij uniek in de wereld) betekent dit ook dat de uitbouwplannen in Nederland sowieso groter zullen zijn dan die in het buitenland (vandaar een score '+').



# Fiche 4: Carbon Capture and Utilisation (CCU)

## Wat is het?

### Definitie

Deze fiche gaat over het afvangen en hergebruiken van CO<sub>2</sub> (Carbon Capture and Utilisation, CCU).

### Verantwoording

De transitie van industrie naar een CO<sub>2</sub>-arm systeem kent vele uitdagingen. De verwachting is dan ook dat de industrie nog decennialang te veel CO<sub>2</sub> zal uitstoten; meer dan past binnen de klimaatafspraken.<sup>97</sup> Om deze CO<sub>2</sub> niet in de atmosfeer terecht te laten komen kan de CO<sub>2</sub> worden opgeslagen (CC Storage) of gebruikt worden (CC Utilisation). CCS is in de praktijk nog weinig toegepast en met name opslag op land kent maatschappelijke weerstand. Ook de hoge kosten zijn een reden waarom CCS, ook op zee, nog niet goed van de grond komt. Toch laten veel studies, waaronder die van PBL, zien dat CCS noodzakelijk zal zijn en misschien in de toekomst in combinatie met gebruik van biomassa zelfs kan zorgen voor negatieve emissies.<sup>98</sup> Ook in het Energieakkoord wordt deze techniek als onvermijdelijk gezien.

CCU biedt een mogelijkheid om van een deel van de afgevangen CO<sub>2</sub> nuttige producten te maken in plaats van op te slaan. Dit zou niet alleen de kosten voor CCS verlagen maar het zou ook de noodzaak voor fossiele carbon inputs (voor bijvoorbeeld de chemische industrie) verminderen. CCU is dus geen vervanger van CCS maar een aanvullende mogelijkheid die elkaar in de toekomst kunnen versterken. Het potentieel is groter indien de afvang van CO<sub>2</sub> gecombineerd kan worden met hergebruik van CO<sub>2</sub> in de vorm van CCU. We onderzoeken in deze fiche met name waar de kansen voor Nederland liggen voor CCU, wat (samen met de al aanwezige kennis op CCS) kan worden benut als overgangsoptie in de energietransitie. CCS kan daarbij de business case voor CCU helpen: Hoe meer hoogwaardige CO<sub>2</sub> wordt afgevangen met CCS, hoe makkelijker en dus goedkoper het aanbod van CO<sub>2</sub> wordt om te gebruiken in CCU.

	Modulair	Systeem
<b>Incrementeel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle grote installaties 'capture ready' maken;</li> <li>- Alle pure CO<sub>2</sub>-stromen gebruiken voor CCU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CCU ontwikkelen / stimuleren door optimaliseren van industriële samenwerking tussen meest relevant industriële spelers</li> <li>- CO<sub>2</sub>-footprint verlagen door hergebruik CO<sub>2</sub> in tuinbouw, frisdranken, chemie, synthetische brandstoffen</li> </ul>
<b>Radicaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> als basis voor de chemische industrie</li> <li>- Direct Air Capture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> netwerk zodat alle industriële CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt afgevangen of hergebruikt (CCS/CCU symbiose);</li> <li>- Direct Air Capture levert (naast recycling en biomassa) de koolstofmoleculen voor onze chemische industrie</li> </ul>

<sup>97</sup> Zie onder andere onderzoek van PBL en het Energerapport

<sup>98</sup> PBL (2017) (verwachte publicatie: september 2017). CCS is een kosteneffectieve optie. Zonder CCS lopen de kosten hoog op voor de 95%-reductiedoelstelling.

## Scope

CCU kan op veel verschillende manieren worden toegepast. Deze worden hieronder kort toegelicht.

### Direct gebruik:

Ten eerste kan de afgevangen CO<sub>2</sub> *direct* worden ingezet in verschillende processen. Het wordt al vele decennia gebruikt om extra fossiele brandstoffen te winnen met *Enhanced Oil and Gas Recovery* (EOR/EGR) en *coalbed methane* (buiten Nederland). Het kan ook direct worden toegepast in tuinbouwkassen voor de fotosynthese, en direct worden hergebruikt in producten zoals koolstofhoudende frisdranken en brandblussers. Er is weinig noodzaak/behoefte aan innovatie bij deze directe toepassingen. Ook het CO<sub>2</sub>-reductie effect is negatief of beperkt. Daarom vallen ze buiten de scope van deze fiche.

### Indirect gebruik:

Ten tweede kan CO<sub>2</sub> *indirect* worden toegepast, door het met behulp van biologische of chemische processen *te transformeren tot nieuwe producten*. Hier liggen nog veel innovatiemogelijkheden.

- In *biologische processen* wordt de CO<sub>2</sub> meestal door algen getransformeerd tot nieuwe organische bouwstenen. Er bestaan al fabrieken waar zonlicht, algen en CO<sub>2</sub> worden omgezet tot methanol. Hier is veel ruimte en veel zon voor nodig, waardoor de implementatie van deze optie minder interessant lijkt voor Nederland. Maar op R&D-gebied (met name in Wageningen) is Nederland hier wel sterk in.
- In *chemische processen* wordt de CO<sub>2</sub> getransformeerd tot chemische verbindingen voor de chemische industrie of synthetische brandstoffen voor de transportsector.
- CO<sub>2</sub> kan tevens gebruikt worden voor mineralisatie, waarbij de CO<sub>2</sub> zich blijvend bindt met mineralen zoals olivijn, bijvoorbeeld voor het maken van bouwmaterialen. Hierbij wordt CO<sub>2</sub> voor de lange termijn opgeslagen.

Al deze toepassingen zullen kort belicht worden in deze fiche, aangezien er nog veel innovatiepotentieel ligt en Nederland hier mogelijk ook verdienpotentieel heeft.

### Afvang:

Ook op het gebied van CO<sub>2</sub>-afvang ligt er een innovatie-opgave. Wij kijken alleen naar afvang bij de industrie en niet bij energieopwekking (kolen/gas centrales) omdat over enkele decennia de energieopwekking voornamelijk uit CO<sub>2</sub>-neutrale bronnen zal komen.<sup>99</sup> Ten eerste moeten de huidige afvangmethodes goedkoper en efficiënter worden. Ten tweede is *Direct Air Capture (DAC)* zeer wenselijk, waarbij CO<sub>2</sub> direct uit de lucht wordt gehaald, maar deze techniek staat nu nog in de kinderschoenen. Dit kan in de toekomst een belangrijke rol gaan spelen in een koolstofarm systeem. Hoewel het verdienpotentieel hiervoor lastig is in te schatten zullen we het toch kort behandelen.

Systeem-innovatie	Wat is het?	Benodigde technologische innovatie	Benodigde niet-technologische innovatie
CO <sub>2</sub> als belangrijke grondstof voor de chemische industrie	Het afvangen en hergebruiken van CO <sub>2</sub> , zodat deze niet uitgestoten wordt. De CO <sub>2</sub> wordt hergebruikt in (biologische of chemische) processen.	- Verbetering techniek voor afvangen - Betere katalysatoren en meer efficiënte transformatie processen	Symbiose industrie (CO <sub>2</sub> -uitstoters en -gebruikers) en transport

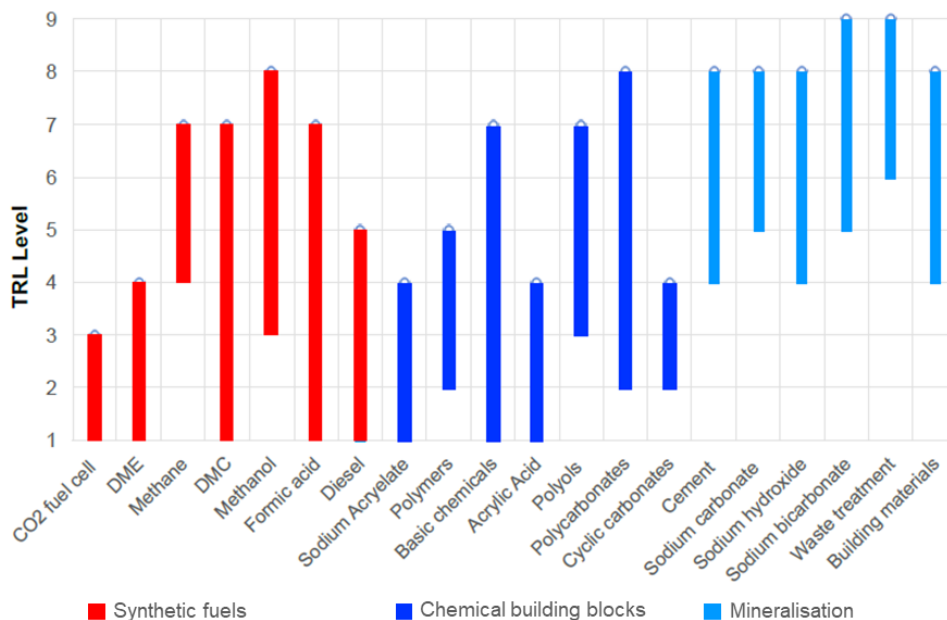
<sup>99</sup> Dit is volgens PBL (2017) (verwachte publicatie: september 2017) de meest interessante optie voor CCS.



## TRL-fase waarin de innovatie zich bevindt

Figuur 4 laat de TRL-fases zien van verschillende CCU-technologieën binnen de drie routes waar chemische transformatie plaatsvindt (synthetische brandstoffen, chemische bouwstenen en mineralisatie). Veel technologieën zijn nog in R&D-fase of hebben nog niet de TRL-fase bereikt waarop ze op commerciële schaal kunnen worden toegepast. Een grote uitdaging is het kostencompetitief maken van de producten ten opzichte van bestaande (fossiele) producten. Technologieën in mineralisatie zijn het meest 'close to market'. Sommige mineralisatietechnologieën zijn gedemonstreerd in pilots (TRL 6-8) en sommige zijn op kleine schaal al commercieel (TRL 9).<sup>100</sup> Duurzame synthetische brandstoffen (van niet-biologische oorsprong) zijn momenteel nog niet concurrerend met fossiele brandstoffen. Dit geldt over het algemeen ook voor toepassingen in de chemische industrie, al zijn er enkele innovatieve bedrijven in het buitenland (Novomer, Covestro) die concurrerende producten hebben ontwikkeld.<sup>101</sup>

Figuur 4. TRL-fases van verschillende CCU-technologieën<sup>102</sup>



Direct air capture: Het afvangen van CO<sub>2</sub> uit de lucht wordt al decennialang toegepast in onderzeeboten en ruimtevaartschepen. De basistechnologie ligt er, maar er is nog een grote uitdaging om de technologie goedkoper en op schaalgrootte te krijgen zodat het nuttig wordt voor CCU-toepassingen. De benodigde energie en het ruimtebeslag zijn daarbij twee cruciale factoren. Er zijn al enkele kleinschalige demonstratieprojecten en zelfs een eerste commercieel bedrijf is actief op deze markt.<sup>103</sup>

## Maatschappelijke bijdrage

CCU levert een bijdrage aan het vervangen van fossiele koolstof als grondstof voor de industrie (naast biomassa en recycling). Tevens kan het bijdragen aan verminderen van de CO<sub>2</sub>-emissies. De bijdrage aan de emissiereductie verschilt sterk per technologie omdat in aan aantal processen de CO<sub>2</sub> alsnog weer vrijkomt. Terwijl bij CCS het forse CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel voorop staat; naar schatting een

<sup>100</sup> Zie [www.c8a.co.uk](http://www.c8a.co.uk)

<sup>101</sup> Smart CO<sub>2</sub> Transformation (SCOT) (2015) A Vision for Smart CO<sub>2</sub> Transformation in Europe.

<sup>102</sup> Smart CO<sub>2</sub> Transformation (SCOT) (2015) A Vision for Smart CO<sub>2</sub> Transformation in Europe.

<sup>103</sup> Zie Climeworks <http://www.climeworks.com/>. Ze noemen hun plant nabij Zurich het eerste commerciële DAC-project ter wereld, maar deze is economisch gezien nog niet rendabel.

reductiepotentieel in 2030 van 9 - 17 Mton CO<sub>2</sub> bij de zware industrie in Nederland. De kosten hiervoor zijn relatief laag: €0 - 50/ton CO<sub>2</sub> voor procesemissies en staalproductie en €50 - 90/ton CO<sub>2</sub> voor raffinaderijen.<sup>104</sup> Bij Direct Air Capture staat het reductiepotentieel ook voorop, maar de technologie kan nog niet op zo'n grote schaal toegepast worden dat het echt een impact heeft op klimaatverandering. Ook de kosten zijn momenteel te hoog.<sup>105</sup>

Voor CCU is nog niet bekend wat het reductiepotentieel is. Life cycle analyses (LCA's) moeten uitwijzen in hoeverre er CO<sub>2</sub> wordt gemitigeerd per technologie. Bij CCU wordt de uitstoot meestal niet permanent opgeslagen zoals bij CCS. Het hangt er in alle gevallen van af of het product (en de meestal benodigde H<sub>2</sub>) met CO<sub>2</sub>-neutrale energie wordt geproduceerd, of het definitief wordt vastgelegd zoals bij mineralisatie, of het finale product geheel kan worden gerecycled, of dat de opgeslagen CO<sub>2</sub> alsnog wordt uitgestoten.

Bij mineralisatie wordt de CO<sub>2</sub> permanent vastgelegd. Bij de chemische industrie (o.a. polymeren, plastics, kunstmest, verf) varieert de levensduur van de producten sterk van enkele weken tot decennia (denk aan kunststofkzijnen). Bij synthetische brandstoffen is de CO<sub>2</sub>-cyclus het kortst. De CO<sub>2</sub> wordt alsnog uitgestoten bij het verbranden van de brandstof en het plaatselijk afvangen van deze CO<sub>2</sub> lijkt voorsnog geen optie. Hier is dus alleen sprake van verminderde emissies door het hergebruik. Deze optie brengt niet de emissiereductie die nodig is in de transportsector voor 2050. Het is vooral een optie voor zeer moeilijk te vervangen brandstoffen, zoals in de luchtvaart of zeevaart.

Het reductiepotentieel ligt daarmee substantieel lager voor CCU dan voor CCS. Tegelijkertijd wordt er wel meer waarde gecreëerd met CCU dan met CCS. CCS is te allen tijde een kostenfactor, alleen als de overheid een CO<sub>2</sub> emissieprijs creëert die hoger is dan de kosten is het voor bedrijven een interessante optie. Terwijl de CO<sub>2</sub> bij hergebruik wellicht in de toekomst economisch aantrekkelijke producten kan opleveren. De verwachting is dat de grootste uitstoters in Nederland niet alle CO<sub>2</sub> kunnen inzetten voor CCU, maar dat een combinatie van CCU en CCS wel aantrekkelijker is dan alleen CCS.

## Beleid

CCU is een relatief nieuwe techniek waar in bestaand beleid nog niet of nauwelijks rekening mee wordt gehouden. Wetgeving en regulering op het gebied van het ETS, transport- en brandstoffen, afvalbeleid, standaarden en labelling, en de circulaire economie kunnen invloed hebben op de marktontwikkeling van CCU. Zo staat CCU (nog) niet in de ETS-richtlijn en wordt dus niet beschouwd als een 'permanente opslag' van CO<sub>2</sub>. Industrieën die CO<sub>2</sub> hergebruiken zijn daarom nog steeds genoodzaakt om emissierechten op te geven voor de CO<sub>2</sub> die wordt hergebruikt. Het Europees Parlement heeft op 15 februari 2015 een amendement aangenomen om de ETS-richtlijn aan te passen en CCU er explicieter in te vermelden. Een recente rechtszaak in Duitsland heeft uitgewezen dat onder specifieke omstandigheden CO<sub>2</sub> niet zou moeten meetellen als emissies onder het ETS, namelijk als CO<sub>2</sub> permanent wordt opgeslagen middels mineralisatie. Dit zou een positief effect kunnen hebben op CCU, omdat industrieën zo meer gestimuleerd worden om CCU toe te passen. Betere inpassing van CCU in huidige beleid zal het investeringsklimaat verbeteren. Overigens ligt het niet in de lijn der verwachting dat kortstondig CO<sub>2</sub> hergebruik of vermeden CO<sub>2</sub>-emissies onder de ETS zullen vallen. Aanpassing heeft dus voornamelijk een gunstig effect op mineralisatie waarbij CO<sub>2</sub> permanent wordt opgeslagen.

---

<sup>104</sup> PBL (2017) 'Nationale kosten energietransitie in 2030-2050'

<sup>105</sup> Schattingen van de kosten zijn \$600/tCO<sub>2</sub>. Lackner et al (2012) 'The urgency of the development of CO<sub>2</sub> capture from ambient air'

De Nederlandse overheid heeft actief geïnvesteerd om CCS van de grond te krijgen. Zowel in onderzoek (o.a. CATO 1, 2 en 3) alsook in industriële projecten. Tot dusver is verdere uitrol en grootschalige opslag nog niet gelukt, om sociale en economische redenen. Toch wordt deze techniek als onvermijdelijk gezien in het Energieakkoord. De verwachting is dus dat de overheid zich zal blijven inzetten voor CCS, met een focus op opslag op zee (zoals in het recent afgeblazen ROAD-project). Dit biedt ook een kans voor implementatie van CCU, aangezien daarmee een infrastructuur voor CO<sub>2</sub>-afvang en transport wordt gelegd, dat vervolgens ofwel onder de grond kan worden opgeslagen (CCS) ofwel kan worden ingezet in biologische en chemische processen (CCU). Meer specifiek beleid en geld voor onderzoek zijn dan wel noodzakelijk. Ter vergelijking, de Duitse regering heeft een programma van €100 mln specifiek voor CCU-onderzoek net afgerond en is bezig met een volgende financieringsronde.

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: -

Alle CCU-technologieën bevinden zich momenteel voornamelijk in de R&D-fase met enkele kleine pilots. De toegevoegde waarde in de productiefase en de marketing- en dienstenfase is daarmee vooralsnog zeer klein. Er is dus nog nauwelijks sprake van productie en commercialisatie.<sup>106</sup> De enige relevante fase is de R&D-fase, daarom de score -.

### Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: +

**Tabel 1** geeft een overzicht van partijen die betrokken zijn bij CCU in Nederland. Verschillende kennisinstellingen doen onderzoek naar CCU en CCS. Ook industrie is er actief mee bezig en hebben zich verzameld in samenwerkingsverbanden zoals Deltalinqs en Voltachem. Er zijn ook enkele individuele bedrijven die CCU al toepassen, zoals Greensand (mineralisatie), maar deze zijn nog erg beperkt. De noodzaak wordt erkend en de samenwerkingen zijn opgestart, alle benodigde grote spelers zijn min of meer actief betrokken. Binnen Nederland zijn ook alle noodzakelijke sectoren en actoren goed vertegenwoordigd. De score is dan ook +.

---

<sup>106</sup> TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

Tabel 1. Overzicht betrokken partijen bij CCU in Nederland

Naam organisatie	CO <sub>2</sub> leverancier	CCU R&D	CCU pilot / productie	Beleid	Eind-gebruiker	Brandstoffen	Mineraal-lisatie	Urenmische bouwstene	Trefwoorden
<b>Kennisinstellingen</b>									
Copernicus instituut		x		x		x	x	x	LCA's CCS en CCU
TU Delft		x				x		x	
University of Utrecht		x		x		x	x	x	Systeembenadering CCS en CCU
Wageningen Universiteit		x	x						Microalgen
Universiteit Twente		x	x						
Radboud University Nijmegen		x		x		x	x	x	
TNO		x	x	x		x	x	x	
Akzo Nobel/University Technical Eindhoven		x		x				x	
Leiden Institute of Chemistry		x							Kunstmatige bladen
NWO						x			Plasma
DIFFER						x			Plasma
<b>Industrie</b>									
Shell	x	x	x		x	x		x	
Tata Steel	x	x	x		x			x	
VNCI		x	x		x			x	Branche-organisatie
Rotterdam Port Authority	x		x	x					CO <sub>2</sub> infrastructuur
Amsterdam Port Authority									
OCAP	x								CO <sub>2</sub> transporteur
LTO Glaskracht Nederland									Branche-organisatie
Lux Research Inc.		x	x			x	x	x	Chemicals
Process Design Center		x	x			x		x	Engineering / contractors
Greensand					x		x		Olivijn
CATO		x	x	x		x	x	x	
Skytree									
VoltaChem	x	x	x	x	x	x		x	Power-to-X
Attero									Afval
Deltalings									
Brightlands									Open innovation community
Air Liquide Benelux Industries									
Linde Gas									
Visser & Smit Hanab									Kabels en leidingen
NV REWIN West-Brabant									
Royal DSM									
De Ruwbouwgroep			x				x		CO <sub>2</sub> in beton
<b>Beleid / consultancy's</b>									
Provincie Zuid-Holland				x					
Provincie Noord-Holland									
Natuur en milieu federatie Noord-Holland en Zuid-Holland									
Warmtekoede Amsterdam en Zuid-Holland									
Gemeente Westland									
Greenport Westland-Oostland									
ECN									
Rotterdam Climate Initiative				x					
Ecofys		x		x		x	x	x	
STW						x			Plasma
ISPT									
Topsector Energy - TKI ISPT									
Zeeland Climate Fund									

Nederland heeft ook een bedrijf werkzaam op Direct Air Capture, Skytree. Skytree is een 'spin-out' van de European Space Agency.<sup>107</sup>

<sup>107</sup> <http://www.skytree.eu/about/>

### Indicator 3 - Huidige omvang

Score: -

De marktomvang van CCU in Nederland is zeer klein en bestaat voornamelijk uit R&D. Directe toepassing van CO<sub>2</sub> (zonder transformatie) gebeurt al wel, zoals in de OCAP (Organic Carbondioxide for Assimilation of Plants) waar sinds 2003 zuivere CO<sub>2</sub> aan de glastuinbouw wordt geleverd via de voormalige olieleiding tussen Rotterdam en Amsterdam. In de Rotterdamse haven produceert de waterstoffabriek van Shell CO<sub>2</sub> als restproduct, dat via de OCAP-leiding wordt getransporteerd. Indirecte CCU wordt nog niet in Nederland geïmplementeerd.

Op het gebied van CO<sub>2</sub>-afvang en opslag gebeurt iets meer. De toegevoegde waarde van de CCS-sector wordt geschat op €10 miljoen, de productie op €30 miljoen.<sup>108</sup> Het is daarmee een relatief kleine sector. Voor CCU zijn geen cijfers bekend. Aangezien ook deze sector voornamelijk in de R&D-fase actief is, is de huidige omvang van deze sector ook klein. De score is een -.

### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: -

Het aantal banen (FTE) in de CCS-sector ligt rond de honderd.<sup>109</sup> Voor CCU zijn geen cijfers bekend, maar voor beide sectoren geldt dat deze op dit moment relatief weinig werkgelegenheid bieden. De score is daarom -.

## Potentieel voor opschaling

### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: +

Voor het ontwikkelen van CCU-technologieën zijn kennis en praktijkervaring op het gebied van chemie, industriële biotechnologie en bouwproducten van belang.<sup>110</sup> Een recente studie van TNO<sup>111</sup> wijst uit dat Nederland minder sterk is op deze kennisvelden. Ook op het gebied van technologieontwikkeling scoort Nederland op deze gebieden minder sterk. Qua bedrijfstakken die relevant zijn voor CCU staat Nederland wel sterk, met een sterke chemische industrie, vervoer en opslag, aardolie-industrie en staalindustrie. Bouwmaterialen scoort minder sterk. Mineralisatie lijkt daarmee een minder interessante categorie voor Nederland dan CCU-toepassingen in de chemie en transport.

Een voorspoedige ontwikkeling van CCS biedt mogelijk ook kansen voor CCU. Op het vlak van CCS hoort Nederland tot de wereld-koplopers met CATO en ROAD als de uithangborden.<sup>112</sup> Hoewel ROAD is gestopt, zijn er ontwikkelingen om het project wellicht op een andere manier te continueren. In Rotterdam, IJmuiden en Noord-Nederland zijn ook plannen in ontwikkeling waar CCS onderdeel van is. De kennis is aanwezig en er is interesse van verschillende partijen. De uitgangspositie van Nederland op het gebied van CCS is daarmee gunstig voor CCU.

We concluderen dat er voldoende kennis voor uitbouw aanwezig is, maar verdere kennisontwikkeling wel nodig is om de Nederlandse positie voor CCU verder uit te bouwen. Deze indicator scoort daarmee een +.

<sup>108</sup> TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

<sup>109</sup> TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

<sup>110</sup> Smart CO<sub>2</sub> Transformation (SCOT) (2016) A Strategic European Research and Innovation Agenda for Smart CO<sub>2</sub> Transformation in Europe (SERIA)

<sup>111</sup> TNO (2017) Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes

<sup>112</sup> TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'; TNO (2017) Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes

**Randvoorwaarde 1: Veel goedkope hernieuwbare energie en CO<sub>2</sub>-neutrale waterstof.** Omdat CO<sub>2</sub> in principe een afvalproduct is zal het moeten worden ‘opgewerkt’ tot hogere energetische verbindingen. Dit kost altijd veel energie, en de beschikbaarheid van CO<sub>2</sub>-neutrale energie is dan ook een randvoorwaarde voor het succes van CCU. Andere, niet-CO<sub>2</sub>-neutrale energiebronnen zouden de CO<sub>2</sub>-reductie van CCU geheel teniet doen. Om van CO<sub>2</sub> een nieuwe, nuttige koolwaterstofverbinding te maken is ook H<sub>2</sub> nodig. Het is dus ook noodzakelijk dat er voldoende CO<sub>2</sub>-neutraal geproduceerde waterstof beschikbaar komt.

**Randvoorwaarde 2: De CO<sub>2</sub>-afvang moet financieel haalbaar zijn.** Een uitstoter van CO<sub>2</sub> moet voldoende drijfveren hebben om de CO<sub>2</sub> af te vangen. Dit kan door de uitstoot dermate duur te maken voor de uitstoter (door middel van ETS of een koolstofbelasting) dat opslag en hergebruik economisch interessant worden, of door de afgevangen CO<sub>2</sub> genoeg waarde toe te kennen dat het winstgevend wordt voor de uitstoter om het af te vangen en te verkopen aan derden. Op dit moment ligt de CO<sub>2</sub>-prijs nog te laag om afvang financieel aantrekkelijk te maken. Ook heeft de afgevangen CO<sub>2</sub> nog niet genoeg waarde: andere (fossiele) bronnen van CO<sub>2</sub> zijn vaak goedkoper, zoals het kraken van het aardolieproduct nafta voor het verkrijgen van etheen. De verwachting is dat de CO<sub>2</sub>-prijs in de toekomst zal stijgen, waardoor beter aan deze randvoorwaarde zal worden voldaan.

**Randvoorwaarde 3: De CCU-producten moeten concurrerend zijn met bestaande producten.** De eindproducten die geproduceerd worden met CCU moeten tot nu toe concurreren met goedkopere bestaande producten. Op dit moment ligt de olieprijs erg laag, wat het lastig maakt om CCU-producten concurrerend te maken. Ook hier zal beleid moeten worden aangepast om de marktpositie van synthetische brandstoffen, chemische bouwstenen en bouwmaterialen met hergebruikte CO<sub>2</sub> te verbeteren. Wetgeving op het gebied van verplichte bijmenging is hierin een goed startpunt.

**Randvoorwaarde 4: Industriële samenwerking tussen afvanger, transporteur en afnemer.** Voor CCU is er een samenwerkingsverband nodig tussen de afvanger en de afnemer van CO<sub>2</sub>. Dit kan dezelfde partij zijn (bijvoorbeeld Shell), maar zal in veel gevallen bestaan uit twee of zelfs meerdere partijen. Indien de fabrieken niet naast elkaar staan, zal er ook infrastructuur moeten worden aangelegd om de CO<sub>2</sub> te transporteren. Deze samenwerking komt niet vanzelf tot stand. De overheid kan hier optreden als matchmaker. De plannen van staalfabrikant Arcelor Mittal in Gent (BE) en plasticsproducent Dow Benelux in Terneuzen (NL), Steel2Chemicals genaamd, laat zien dat het mogelijk is: Arcelor zal met CO uit de hoogovens, in combinatie met de eigen overtollige waterstof, syngas leveren aan Dow voor het maken van plastic (polyethyleen). Wel is het plan afhankelijk van de bereidheid van de overheid om de pijpleiding aan te leggen.<sup>113</sup> Nederland heeft een goede uitgangspositie voor industriële samenwerking met drie grote industriecomplexen waar CCU-relevante bedrijven dicht bij elkaar liggen: Chemelot, de Rotterdamse haven en Delfzijl. Een aansluitende voorwaarde is dat de samenwerkende industrieën genoeg vertrouwen hebben in de lange termijn. De samenwerking is namelijk afhankelijk van het voortbestaan van beide industrieën; de uitstoter en de afnemer.

Kortom, er zijn meerdere randvoorwaarden voor het opschalen van CCU in Nederland. Er is geen goede correlatie tussen meer hernieuwbare energie en stijgende CO<sub>2</sub>-prijzen. Daarnaast is ook op het gebied van beleid geen indicatie dat CO<sub>2</sub>-prijzen gaan stijgen, en het is dus nog onzeker of aan

<sup>113</sup> Meer informatie is beschikbaar op <https://www.smartdeltaresources.com/nl/nieuws/fd-arcelor-en-dow-lossen-elkaars-probleem-op>

randvoorwaarde 2 gaat worden voldaan. Het aanbod van CO<sub>2</sub>-neutrale waterstof is ook nog onzeker (zie fiche 1: Systeemintegratie en energieopslag), hoewel de recente ontwikkelingen op het gebied van PV en grootschalige inzet op wind op zee wel degelijk kunnen bijdragen aan goedkope waterstofproductie. Resteert de uitdaging om ook randvoorwaarde 4 te bewerkstelligen. Nederland heeft hier een goede uitgangspositie. Al met al geeft deze indicator een gemengd beeld en ontvangt daarom de score 0.

#### Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: 0

Het eerste knelpunt is dat er op dit moment niet genoeg goedkope hernieuwbare energie en CO<sub>2</sub>-neutrale waterstof op de markt is. Ook de variabiliteit van hernieuwbare energie is een knelpunt, als dat ertoe leidt dat de fabrieken maar een beperkt aantal uren kunnen draaien. Er is op dit moment voor de meeste technologieën nog geen haalbare business case voor commercialisatie, aangezien er nog niet aan deze randvoorwaarden wordt voldaan. Mineralisatie is het verst en wordt al wel op commerciële (kleine) schaal toegepast.<sup>114</sup>

Voor chemische bouwstenen en synthetische brandstoffen is vaak pure CO<sub>2</sub> nodig. Een combinatie met CCS, waar de CO<sub>2</sub> ook puur moet zijn, zou de business case vooruit kunnen helpen, maar CCS is vooralsnog volledig afhankelijk van overheidsfinanciering cq beleid en de politieke en financiële onzekerheden maken de toekomst van CCS onzeker.<sup>115</sup> De terugtrekking van de twee energiebedrijven Uniper en Engie uit het ROAD-project is hier een recent voorbeeld van, waarbij de kolencentrales meer duidelijkheid willen hebben over het toekomstige energiebeleid in Nederland voordat ze zich committeren aan investeringen in CCS. Met het oog op de CO<sub>2</sub>-doelstellingen voor 2050 zal Nederland een keuze moeten maken tussen het sluiten van de kolencentrales of het toepassen van CCS met kolen. Zolang deze keuze niet gemaakt wordt, is het onwaarschijnlijk dat de energiebedrijven deze investeringen willen maken. Er lijkt meer politieke steun te zijn voor CCS in industrie dan in de energiesector,<sup>116</sup> maar ook voor deze CO<sub>2</sub>-uitstoters zijn er knelpunten om te investeren in CCS. De lage CO<sub>2</sub>-prijs maakt CCS op dit moment financieel niet aantrekkelijk genoeg. Op technisch vlak zijn er nog enkele uitdagingen met betrekking tot CO<sub>2</sub>-afvang, maar deze zijn op te lossen,<sup>117</sup> zoals de werkende CCS-projecten in de VS aantonen. Direct Air Capture is nog niet ver genoeg ontwikkeld om goedkope CO<sub>2</sub> te kunnen aanbieden, al toont de eerste installatie van een commerciële partij aan dat er wel echt mogelijkheden voor zijn.

Met ondersteunend beleid lijken de knelpunten overbrugbaar, al blijft de variabiliteit van hernieuwbare energie een grote uitdaging. De indicator scoort daarmee een 0.

#### Indicator 8 - Verwacht draagvlak

Score: 0

Er is nog weinig bekend over CCU bij het grotere publiek, aangezien het nog niet op grote schaal wordt toegepast. De eerste onderzoeken<sup>118</sup> wijzen uit dat het grotere publiek nog niet veel afweet van CCU, en dat het baat heeft bij informatie over wat de technologieën doen en wat de voor- en nadelen zijn. Het vervangen van fossiele grondstoffen wordt gezien als het grootste voordeel. Perceptie van schadelijke gevolgen voor de gezondheid wordt gezien als een mogelijke belemmering. Er is tot nu toe

114 Zoals het opslaan van CO<sub>2</sub> in beton door de Ruwbouw Groep. Zie verder ook Carbon8 in het VK [www.c8a.co.uk](http://www.c8a.co.uk)

115 TEC (2013) 'Verdienpotentiële hernieuwbare energie'

116 Mikunda, T. (2017) 'Where to now for CCS in the Netherlands?'

117 Mikunda, T. (2017) 'Where to now for CCS in the Netherlands?'

118 Van Heek et al. (2017) 'Reduce, reuse, recycle: Acceptance of CO<sub>2</sub>-utilization for plastic products', Energy Policy 105; Jones et al. (2015) 'Investigating public perceptions of carbon dioxide utilisation (CDU) technology: a mixed methods study', Faraday Discussions 183; Jones et al. (2017) 'The Social Acceptance of Carbon Dioxide Utilisation: A Review and Research Agenda', Frontiers in Energy Research.

geen indicatie dat het publiek mogelijk negatief tegenover CCU staat. Politieke en industriële communicatie naar het grotere publiek is belangrijk om te informeren en draagvlak te creëren.

Het is bekend dat er weinig draagvlak is voor CCS. Dit is voornamelijk omdat de CO<sub>2</sub> moet worden opgeslagen wat als risicovol wordt gezien en omdat het de energietransitie zou tegenhouden door CO<sub>2</sub>-uitstoters bestaansrecht te geven in de koolstofarme economie. De eerste reden speelt geen rol bij CCU. De tweede in beperkte mate: CCU heeft CO<sub>2</sub> nodig, en dit kan inderdaad afgevangen worden bij fossiele industrie. Maar dit zou ook op andere manieren kunnen worden afgevangen, zoals bij Direct Air Capture. Bovendien vervangt het juist een deel van de fossiele industrie door alternatieve feedstock en producten aan te bieden.

Er bestaat nog een andere reden waarop CCU bekritiseerd kan worden: bij sommige toepassingen komt de CO<sub>2</sub> uiteindelijk weer vrij. Het biedt dan geen permanente opslag. LCA's moeten uitwijzen in hoeverre CCU de emissies tegengaat, en hoe overtuigend dit is voor het publiek.

Het besef bestaat in de politiek en samenleving dat de economie een overgangperiode nodig heeft, waar CCU en CCS een rol kunnen spelen. Het Energieakkoord noemt CCS onvermijdelijk. CCU kan mogelijk een positievere boodschap uitstralen dan CCS, aangezien de CO<sub>2</sub> niet ondergronds wordt opgeslagen maar wordt gebruikt om fossiele brandstoffen en feedstock te vervangen. Zolang de CO<sub>2</sub>-transformatieprocessen duurzame energie gebruiken, en de LCA's dus positief uitpakken, verwachten we dat er voldoende draagvlak is voor CCU. We zien wel het risico van de negatieve associatie met CCS en de kritiek op het in stand houden van CO<sub>2</sub>-uitstoot, wat goede communicatie en informatievoorziening onmisbaar maakt. Daarmee scoort deze indicator een 0.

#### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: +

Uitbouw lijkt mogelijk in alle fasen in de waardeketen zodra het aanbod van goedkope hernieuwbare elektriciteit toeneemt en de CO<sub>2</sub>-prijs omhoog gaat. Er is nog wel veel behoefte aan R&D om de technologieën goedkoper en efficiënter te maken. Alle technologieën zijn in een TRL-fase dat productie en commercialisatie niet ver weg meer is of al aanwezig is. De indicator scoort een +.

#### Indicator 10 - Potentiële marktgrootte

Score: 0

CCU is zeer breed en kan in vele productieprocessen worden toegepast, o.a. in power-to-X (zie fiche 1), basischemie, biochemie en synthetische brandstoffen voor transport. Ook voor CO<sub>2</sub>-afvang is het potentieel groot, op voorwaarde dat de CO<sub>2</sub>-markt goed functioneert.<sup>119</sup> Hoe snel fossiele brandstoffen in de industrie en elektriciteitsproductie vervangen zullen worden door andere energiedragers en daarmee het aanbod van CO<sub>2</sub> zal dalen is erg onzeker. De combinatie van een breed scala aan toepassingen, maar ook grote onzekerheid over de stabiliteit van het CO<sub>2</sub>-aanbod leidt ertoe dat deze indicator de score 0 krijgt.

## Internationale concurrentie

#### Indicator 11 - Bestaande internationale concurrentie

Score: +

Nederland is internationaal gezien groot op het vlak van R&D voor CCU. Alleen in Duitsland is er meer onderzoek en focus op CCU. Ook op CCS loopt Nederland voorop (mede door het CATO-programma).<sup>120</sup>

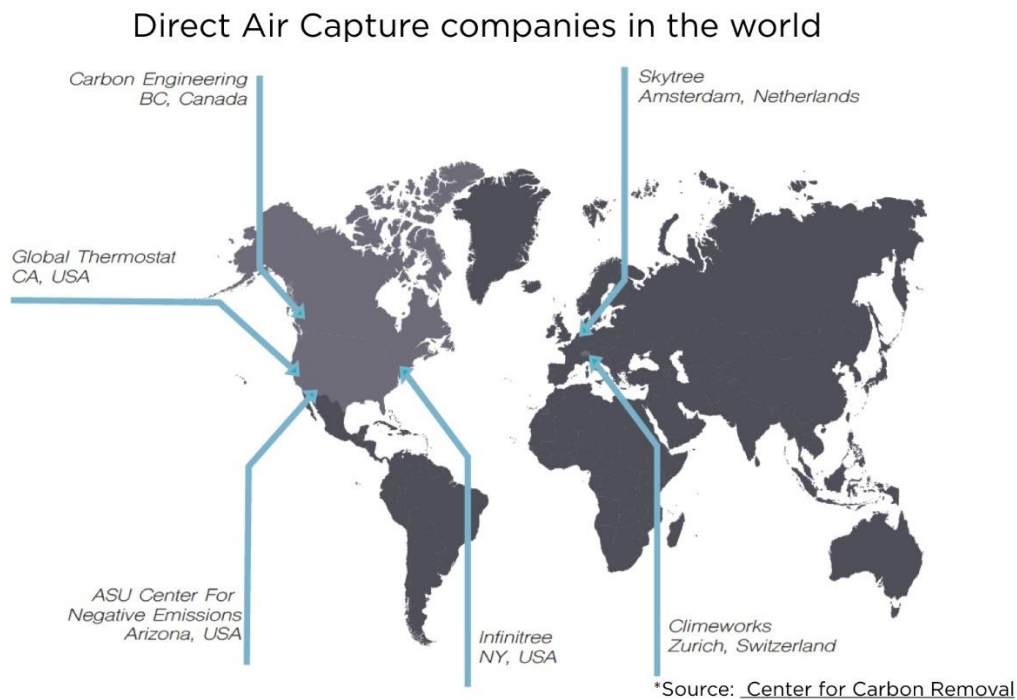
<sup>119</sup> TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'

<sup>120</sup> TEC (2013) 'Verdienpotentiëlen hernieuwbare energie'



Nederland huisvest bijvoorbeeld één van de handvol Direct Air Capture bedrijven in de wereld (figuur 2). De andere bedrijven bevinden zich in Zwitserland en Noord-Amerika. Climeworks in Zwitserland is koploper en heeft al een pilot installatie staan bij een afvalverwerkingsfabriek in de buurt van Zurich.<sup>121</sup> Het gebruikt de restwarmte van de fabriek en levert de CO<sub>2</sub> aan een nabij gelegen tuinbouwkas.

**Figuur 5. Direct Air Capture bedrijven in de wereld<sup>122</sup>**



Nederland is een van de koplopers op het gebied van CCU R&D en huisvest één van de Direct Air Capture bedrijven. Daarom scoort deze indicator een +.

**Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling**

**Score: 0**

CCU staat op dit moment in vrijwel alle industrielanden op de kaart en krijgt meer en meer aandacht. Met name de ‘belofte’ van grootschalige energieopslag in transportbrandstoffen (wat niet voldoende te bieden heeft voor een CO<sub>2</sub>-arme transportsector, zie 1.2) en het innovatieve en groene karakter voor de chemische industrie scoren goed. Er stroomt in alle landen meer onderzoeksgeld naar de CCU-sector, met Duitsland en de VS als absolute koplopers. Nederland loopt goed mee in de internationale arena, zowel Nederlands onderzoek als Nederlandse bedrijven horen bij de mondiale koplopers, maar Nederlandse plannen lopen niet voor op andere koplopers, dus zodoende de score 0.

<sup>121</sup> <http://www.climeworks.com/world-first-co2-capture-plant/>

<sup>122</sup> <http://www.skytree.eu/direct-air-capture/>



# Fiche 5: Verregaande industriële symbiose

## Wat is het?

### Verantwoording

Vijf Nederlandse en internationale industriële sectoren zijn bijzonder energie-intensief. Dat zijn de ijzer en staalsector, de chemiesector, de papiersector, de cementsector en de aluminiumsector. De sectoren hebben in het verleden al heel veel energie bespaard, ook al omdat energie een groot deel van hun productiekosten uitmaakt. Verdere besparing moet dan ook vooral komen uit nieuwe processen en uit innovatieve samenwerking in de vorm van verregaande 'industriële symbiose', waarbij de ene sector voor zijn grondstoffen gebruik maakt van de afvalproducten van de andere sector. Zo kan de chemische industrie overtollig, gezuiverd CO van de staalsector gebruiken, of kan de staalsector niet gebruikte warmte doorgeven aan de papierindustrie.

	Modulair	Systeem
Incrementeel	<ul style="list-style-type: none"><li>- Energiebesparing en efficiëntie on-site door middel van interne procesoptimalisering</li><li>- Energiebesparing door middel van technische on-site maatregelen zoals isolatie van pijpleidingen etc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Energiebesparing on-site door nieuwe processen die gebruik maken van nieuwe grondstoffen en optimalisering van de keten</li></ul>
Radicaal	<ul style="list-style-type: none"><li>- Energiebesparing on-site door nieuwe processen die gebruik maken van dezelfde grondstoffen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Energiebesparing op meerdere sites door afstemming en optimalisering van processen tussen meerdere industrieën</li></ul>

### Definitie

Dit fiche onderzoekt het verdienpotentieel van radicale industriële symbiose voor energiebesparing en CO<sub>2</sub> emissiereductie in de energie-intensieve industrie in Nederland.

### Scope

Voor radicale industriële symbiose kunnen twee soorten ketens worden gevormd: productketens en reststroomketens. In het eerste geval gaat het om een product dat een industrie produceert dat relevant kan zijn voor een tweede industrie (bijvoorbeeld CO of H<sub>2</sub>). Bij een reststroomketen gaat het om een afvalproduct van de ene industrie dat voor die industrie geen waarde heeft of zelfs geld kost als reststroom, maar dat wel waarde kan hebben voor een andere industrie of bedrijf (bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> of restwarmte)<sup>123</sup>. We bekijken hier beide. De fiche raakt daarbij ook aan fiche 1 (power to gas) en aan fiche 2 (CCU).

Het gaat in dit fiche om innovaties die nodig zijn voor samenwerking in de keten tussen verschillende industrieën en om de mogelijkheden om te kunnen verdienen aan de lessen die daaruit geleerd worden voor toepassing elders. Conventionele en incrementele energiebesparingsopties voor de industrie vallen hier buiten.

### TRL-fase waarin de innovatie zich bevindt

Bij radicale industriële symbiose gaat het vaak om bestaande technologieën (TRL = 9), of om nieuwe technologieën die de opbrengsten van industriële processen veranderen en daardoor aanleiding geven

<sup>123</sup> Van Vliet, H. (2014) Industriële symbiose: pitfalls, problemen en kansen? ECN, Trion industrieel symposium, 14 mei 2014, [https://www.ecn.nl/.../ecn/.../8\\_Hans\\_van\\_Vliet\\_Trion\\_indust\\_symb\\_14\\_mei14.pdf](https://www.ecn.nl/.../ecn/.../8_Hans_van_Vliet_Trion_indust_symb_14_mei14.pdf)

tot efficiëntere product- of reststroomketens die door samenwerking nog verder geoptimaliseerd kunnen worden. Het innovatieve van de symbiose bestaat daarbij vooral uit het tot stand komen van samenwerking tussen twee of meer industrieën of bedrijfstakken, waardoor producten of reststromen een nieuwe waarde krijgen. De producten of afvalstoffen stijgen daarmee weer op de 'value hill', één van de uitgangspunten voor het tot stand brengen van een circulaire economie<sup>124</sup>. De feitelijke innovatie bestaat dus uit een procesinnovatie, namelijk het tot stand brengen van langdurige en stabiele samenwerking tussen partijen in verschillende productketens rond een product of afvalstroom waardoor het product of de afvalstroom op een duurzame wijze wordt hergebruikt en waarbij zo mogelijk financiële baten ontstaan voor alle commerciële samenwerkingspartners. Technologische en chemische kennis is daarbij ondersteunend van belang, om te beoordelen welke soort samenwerkingen technisch mogelijk zijn.

### Maatschappelijke bijdrage

Verschiedende mogelijkheden voor radicale industriële symbiose in Nederland in de chemie, staalsector en papierindustrie worden onder meer beschreven door Urgenda en Quintel<sup>125</sup>. Cement en aluminium worden daarbij buiten beschouwing gelaten omdat de laatste cementfabriek in Nederland in 2018 zal overgaan tot het importeren van halffabricaten en omdat de aluminiumsector op dit moment ook alleen nog uit één fabriek bestaat.

Voor de staalindustrie noemt Urgenda specifiek de levering van zuiver CO en CO<sub>2</sub> aan de chemische industrie, zoals nu gestart wordt door ArcelorMittal en Dow. Met CO als bouwstof kunnen plastics geproduceerd worden, en omgekeerd kan afvalplastic dienen als grondstof voor de staalindustrie. Ook kunnen nieuwe processen, zoals het Hisarna proces van Tata steel dat zuiver CO<sub>2</sub> produceert, gebruikt worden als aanleiding voor verdergaande uitwisseling met andere industrieën. Verder zou overtollige warmte van staalfabrieken bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden door de papierindustrie. CO<sub>2</sub> en slakken zouden ook gebruikt kunnen worden als bouwsteen voor cementproductie. Samen met hergebruik van beton kan daardoor een 'circulaire betonproductie' ontstaan<sup>126</sup>. Andere radicale energiebesparingsopties door industriële symbiose in de energie-intensieve industrie, zoals het gebruik van ammoniak als tijdelijke opslag van overtollige elektriciteit uit hernieuwbare bronnen ('power to gas') vragen vooral samenwerking tussen kunstmestproducenten en energiebedrijven die hernieuwbare energie leveren<sup>127</sup>. Figuur 1 geeft de door Urgenda/Quintel insgeschatte maatschappelijke potentieel van deze optie, in termen van een energiebesparingsbijdrage door de energie-intensieve industrie van 50% tot 2030.

De energie-intensieve industrie zelf noemt acht maatregelen waarmee tot 2050 95% CO<sub>2</sub> emissies verminderd kunnen worden (Tabel 1)<sup>128</sup>. Twee categorieën van maatregelen met kosten tot 50 eur/Mt CO<sub>2</sub> kunnen wat betreft de industrie direct geïmplementeerd worden en zijn op te vatten als incrementele veranderingen. Dat zijn energiebesparingsmaatregelen die dicht bij een positieve business-case zitten, zoals warmtepompen, restwarmtebenutting boven 100 graden Celsius en mechanische dampcompressie. Daarnaast kunnen gasgestookte boilers door hybride systemen

<sup>124</sup> Achterberg, E., Hinfelaar, J., Bocken, N.M.P. (2016) Master Circular Business with the Value Hill (White paper), Circle Economy & Sustainable Finance Lab

<sup>125</sup> Urgenda (2017) Nederland 100% op duurzame energie in 2050, Rotterdam; Quintel (2017) De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie - het verhaal, Amsterdam

<sup>126</sup> In het in 2017 te sluiten 'Betonakkoord' wordt een volledig circulaire betonproductie in 2030 nagestreefd, samen met een CO<sub>2</sub> reductie van 35%. Zie onder meer het 'discussiestuk betonakkoord 12 mei, versie 4 mei op [www.mvonederland.nl](http://www.mvonederland.nl)

<sup>127</sup> Deze optie wordt besproken in fiche 1.

<sup>128</sup> VEMW (2017) Decisions on the industrial energy transition, zie [www.vemw.nl/Homesliders/Samen%20op%20weg%20naar%20minder.aspx](http://www.vemw.nl/Homesliders/Samen%20op%20weg%20naar%20minder.aspx)

vervangen worden die draaien op zowel gas als elektriciteit. De opbrengst van deze maatregelen kan volgens VEMW oplopen tot 15 Mt CO<sub>2</sub>. Drie andere door VEMW voorgestelde maatregelen vragen vooral technische innovatie. Ze kosten rond 150 euro/Mt CO<sub>2</sub> en kunnen volgens VEMW vanaf 2025 een rol spelen. Dat zijn grootschalige elektrolyse, nieuwe chemische processen die minder energie vragen (bijvoorbeeld met katalyse) en een besluit over nieuwe staalproductieroutes. De opbrengst van deze routes wordt ingeschat op 21 Mt CO<sub>2</sub>.

De laatste drie categorieën door VEMW voorgestelde maatregelen zijn gerelateerd aan industriële symbiose en meer radicaal van aard. Ze kosten tot 200 euro/Mt CO<sub>2</sub> en kunnen volgens VEMW vanaf 2025 een rol gaan spelen. Dit zijn in de eerste plaats CCS/CCU, en ten tweede het ontwikkelen van waardeketens rond reststromen zoals een hub in Rotterdam voor het recyclen van plastic en het inzetten van meer staalschroot voor de productie van staal. Uit biomassa reststromen en meststoffen kan biogas geproduceerd worden en mineralen gewonnen die bijdragen aan de circulaire economie. Ook een syngas platform kan volgens VEMW worden overwogen om waarde uit afval te halen. Een derde maatregel is een 'bio-to-chem platform', waarbij chemische grondstoffen uit biologisch restmateriaal gemaakt worden, zoals mierenzuur uit restmateriaal van bieten. De opbrengst van de maatregelen samen kan oplopen tot 14 Mt CO<sub>2</sub>.

**Tabel 1. Maatregelen gerelateerd aan industriële symbiose voor de energie-intensieve industrie en mogelijke maatschappelijke bijdrage**

	Urgenda / Quintel <sup>129</sup>	VEMW <sup>130</sup>
Doel 2030	50% energiebesparing tot 2030	
Doel 2050		95% CO <sub>2</sub> emissiereductie tot 2050
Industriële symbiose	Onder andere: - samenwerking staal- en chemische industrie voor hergebruik CO/CO <sub>2</sub> - staal- en papierindustrie voor hergebruik warmte - staal- en cementindustrie voor hergebruik slakken en CO <sub>2</sub>	- CCU/CSS (10 MtCO <sub>2</sub> ) - Verbeteren recycling restromen plastic en staal, bio-syngas productie (2 Mt CO <sub>2</sub> ) - Bio-to-chem platform (2 Mt CO <sub>2</sub> )
Overige maatregelen	- grootschalige elektrolyse (H <sub>2</sub> uit H <sub>2</sub> O) - grootschalige productie hernieuwbare energie (wind, zon)	- incrementeel warmte en hybride systemen (15 Mt CO <sub>2</sub> ) - technische procesinnovatie (21 MtCO <sub>2</sub> )

## Beleid

Er is in Nederland geen beleid dat specifiek is gericht op industriële symbiose in de energie-intensieve industrie. Wel bestaat in Nederland van oudsher een hechte samenwerkingsstructuur binnen industriële sectoren en daarbij behorende koepelorganisaties. Ook geven de Topsector Energie, het Energieakkoord en eerdere jarenlange samenwerking van partijen rond de Energietransitie een goede basis voor mogelijke toekomstige nauwere samenwerking in ketens.

De Energieagenda van het Ministerie van EZ zegt over samenwerking tussen ketenpartners in het algemeen: 'Het kabinet blijft samenwerking tussen bedrijven en sectoren bevorderen. Een goed voorbeeld is de succesvolle clusteraanpak van havenbedrijven. Er wordt onder meer gewerkt aan de verdere opschaling van hernieuwbare energie, collectieve energiebesparings-maatregelen en clustering en co-siting van bedrijven, die bijdragen aan emissiereductie, kostenverlaging en de energietransitie.'<sup>131</sup>

<sup>129</sup> Urgenda (2017) Nederland 100% op duurzame energie in 2050, Rotterdam; Quintel (2017) De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie - het verhaal, Amsterdam

<sup>130</sup> VEMW (2017) Decisions on the industrial energy transition, zie [www.vemw.nl/Homesliders/Samen%20op%20weg%20naar%20minder.aspx](http://www.vemw.nl/Homesliders/Samen%20op%20weg%20naar%20minder.aspx)

<sup>131</sup> Ministerie EZ (2016) Energierapport transitie naar duurzaam, Den Haag, p.52

Ook gaat de Energieagenda in op innovaties gericht op nieuwe producten en circulariteit, zoals CCU/CSS, 'power-to-products' (met duurzaam geproduceerde waterstof als basisproduct), biobased materialen, reststoffengebruik en waterstof als intermediair: 'De circulaire economie - waaronder de circulaire koolstofketens - vereist een goed inzicht in de bestaande en mogelijke productie- en hergebruikketens. De overheid zal met ketenpartners specifiek voor hoge temperatuur warmte een meerjarig R&D programma opstellen voor de benodigde technologische doorbraken. Voor pre-competitief onderzoek ligt er een kans om in publiek-private consortia te werken. Dit sluit aan bij de topsectoren-aanpak'<sup>132</sup>.

In Europa is 'resource efficiency' één van de speerpunten van het beleid. Onder het Circulaire Economy Action Plan<sup>133</sup> zijn er momenteel een aantal ondersteunende netwerken voor industriële symbiose en Europese partnerschappen zoals nationale programma's, zoals Cleantech Östergötland (Zweden)<sup>134</sup> en lokale initiatieven zoals Kalundborg in Denemarken<sup>135</sup>. Op nationaal niveau was het National Industrial Symbiosis Programme in Engeland actief van 2003 tot 2013<sup>136</sup>.

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: 0

Radicale industriële symbiose vereist niet zozeer nieuwe technologieën, maar veel meer het op lange termijn benutten van regionale nabijheid en het optimaal gebruik maken van bestaande infrastructuur en van complementariteit in ketens. Nieuwe technologieën, zoals CCU/CCS en power-to-gas/ NH<sub>3</sub> opslag, zijn daarbij vooral ondersteunend. Toepassing van industriële symbiose zou dus in principe nu al kunnen plaatsvinden (TRL = 9) als de randvoorwaarden voor wat betreft regulering daarvoor aanwezig zouden zijn (onder meer een voldoende hoge CO<sub>2</sub> prijs en het wettelijk mogelijk maken van hergebruik van sommige reststoffen). Wat betreft fasen in de waardeketen gaat het bij industriële symbiose om grootschalige productie (beter gebruik van bestaande producten), maar ook om de levering van adviesdiensten voor optimale samenwerking. Deze verschillende fasen in de waardeketen zijn in principe in ruime mate aanwezig in Nederland. Voor zover er projecten zijn, bevinden deze zich in de pilotfase. Deze indicator scoren wij daarom met 0.

### Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: 0

Terwijl er een groot potentieel is aan organisaties in Nederland die betrokken zouden kunnen zijn bij industriële symbiose, is de uitvoering in de praktijk tot dusver beperkt. Potentiële partners in de energie-intensieve industrie zijn onder meer Tata Steel, de 18 leden van de Vereniging Nederlandse Papier- en Kartonfabrieken (VNP) en een deel van de 470 leden van de Nederlandse Rubber- en Kunststoffederatie (NRK). Icoonprojecten tot dusver zijn onder meer de het waterstofsymbiose-project van Dow en Yara, de samenwerking tussen ArcelorMittal Staal in Gent en Dow Chemical in Terneuzen en het Limburgse SILVER samenwerkingsverband, waarbinnen meer dan 15 regionale samenwerkingsprojecten worden uitgevoerd. Het aantal partners hierbij is beperkt, maar de partners hebben wel aanzienlijke omvang en uitstraling. Het voorbeeldkarakter van de projecten is dan ook naar verwachting groot.

<sup>132</sup> Ministerie EZ (2016) Energierapport transitie naar duurzaam, Den Haag, p.56

<sup>133</sup> EC, Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy, 2015

<sup>134</sup> <http://cleantechostergotland.se>

<sup>135</sup> <http://www.symbiosis.dk>

<sup>136</sup> <http://www.nispnetwork.com/>

Het kleine aantal betrokken partijen tot dusver samen met de aard en omvang van deze partijen maakt dat we deze indicator vooralsnog als 0 scoren.

### Indicator 3 - Huidige omvang

Score: 0

De pilotprojecten voor wat betreft industriële symbiose die op dit moment plaatsvinden hebben betrekking op marktsectoren met een grote marktomvang (chemie, staal). De projecten hebben een pilotkarakter, maar de producten worden commercieel afgezet. We scoren deze indicator daarom als 0.

- **Waterstofsymbiose Dow, Yara en ICL-IP**

In dit project wisselen de Zeeuwse bedrijven Dow (chemisch bedrijf), Yara (kunstmestfabrikant) en ICL-IP (producent broomhoudende producten) waterstof uit. Doel is dat circa 4,5 kton/jaar waterstof dat vrijkomt uit de kraker-processen van Dow een hoogwaardige toepassing als grondstof krijgt in de productieprocessen bij Yara en ICL-IP. De bedrijven worden verbonden via een bestaande gastransportleiding van Gasunie Transport Services (GTS). Voor het project is in 2016 een Green Deal getekend<sup>137</sup>. De realisatie van de waterstof symbiose zal voor de bedrijven gezamenlijk leiden tot forse dalingen in het energieverbruik (gasverbruik) en een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-reductie: het energieverbruik neemt af met circa 0,15 PJ per jaar, de hoogwaardige inzet waterstof als grondstof geeft een CO<sub>2</sub>-reductie van ~ 10 kTon/jaar en het huidige waterstoftransport per vrachtauto (ca. 150-200 ton/jaar) naar ICL-IP neemt met 70-80% af. Bij succes van de eerste fase ontstaat bovendien een potentieel voor opschaling naar de tweede fase van de waterstof symbiose - met een orde grootte van een meervoud van fase 1 - en mogelijk zelfs naar een regionale waterstofrotonde. Het project is één van de activiteiten onder het samenwerkingsverband 'Smart Delta Resources' (SDR), waarin elf energie- en grondstoffen-intensieve bedrijven in Zeeland samenwerken.

- **Synthesegasproject ArcelorMittal in Gent en Dow**

In dit project wordt CO van ArcelorMittal gemengd met waterstof van Dow. Daarmee ontstaat synthesegas als basisproduct voor de productie van kunststoffen door Dow. Het project bestaat uit twee pilots van ieder 10 mln euro, waarmee tot 2022 moet worden aangetoond of het concept levensvatbaar is op een grote schaal<sup>138</sup>. Om het synthesegas te maken is een pijpleiding van circa zestien kilometer nodig om waterstof vanuit Dow bij Arcelor te krijgen. Het eerste deel van acht kilometer van de pijp vanuit Terneuzen ligt er al voor de voorgenomen leverantie van waterstof aan Yara in Sluiskil. Het tweede deel moet nog worden aangelegd. Arcelor maakt uit het syngas vervolgens synthetische nafta, die per schip terug wordt vervoerd naar Dow om daar kunststoffen te maken. Dow voorziet via dit project een besparing van 2,3 ton CO<sub>2</sub> op de productie van iedere ton synthetische nafta.

- **SILVER Limburg**

In de 'Symbiose in Limburg Versnellen en Realiseren' (SILVER) werken LWV, RVO Limburg en Provincie Limburg samen om industrieën en bedrijven die gebruik kunnen maken van elkaars grondstoffen en reststromen met elkaar in verbinding te brengen<sup>139</sup>. Gebaseerd op ervaringen in Engeland met het National Industrial Symbiosis Programme (NISP) worden bedrijven, industrieën en kennisinstellingen bij elkaar gebracht om nieuwe samenwerkingsvormen tot stand te brengen.

<sup>137</sup> Ministerie van Economische Zaken (2016) Green Deal 194, Green Deal Waterstof Symbiose in de Delta Regio

<sup>138</sup> Financieel Dagblad (2017), Arcelor en Dow lossen elkaars probleem op, 7 februari 2017

<sup>139</sup> <http://www.silver-limburg.nl/over-silver/>

Onder SILVER draaien ondertussen 15 projecten, waaronder een project voor het verduurzamen van de klinkerproductie in de cementindustrie met reststromen en een restwarmteproject waarbij de lokale papierfabriek betrokken is. De projecten samen vertegenwoordigen een investering van twintig miljoen euro, maar leveren ook 0,5 mln euro aan kostenbesparing op, een verminderd energieverbruik van 8 mln m<sup>3</sup> aardgas, een emissierecutie van 15 kt CO<sub>2</sub> en een reductie van 24 en 13 ton aan stikstof- en fosforproductie als reststromen. Ook worden door de projecten 100 kton organisch afval weer nuttig gebruikt<sup>140</sup>. In 2015 is tussen de samenwerkingspartners een akkoord gesloten over een vervolgproject SILVER2.0, waardoor de activiteiten ook na de oorspronkelijke einddatum 2016 voortgezet kunnen worden.

#### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: 0

De directe werkgelegenheid als gevolg van de samenwerkingen tot dusver is zeer beperkt. De ordegrrootte ligt daarbij bij enkele tientallen FTE's. Wel wordt er indirect werkgelegenheid gecreëerd door de commerciële afzet van de producten. We scoren de indicator werkgelegenheid op dit moment daarom als 0. Wel is de potentiële indirecte werkgelegenheidsbijdrage voor de toekomst zeer groot, op voorwaarde dat industriële symbiose kan bijdragen aan het overleven en een renaissance van bijvoorbeeld de staal- en chemische sector in Nederland.

### Potentieel voor opschaling

#### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: +

De benodigde kennis voor radicale industriële symbiose bestaat uit een aantal elementen. In de beginfase gaat het om de proces-technische kennis van de eigen productieprocessen en het onderkennen van de mogelijkheden om meer te doen met de eigen producten en reststromen. Er is daarbij ook een technisch inzicht nodig in de eigen fysieke omgeving over het ontstaan van reststromen elders en de behoefte aan nieuwe producten die kunnen worden gemaakt uit nieuwe combinaties van bestaande producten of uit opwaardering van reststromen. Daarvoor is weer op een hoger systeemniveau sociaaleconomische kennis nodig van markten die kunnen ontstaan door deze nieuwe combinaties en van de behoeftes van potentiële afnemers. Als eenmaal een verbinding is gelegd tussen een aantal mogelijke producenten en partijen dan gaat het in een tweede fase om kennis voor het overwinnen van juridische en organisatorische barrières, kennis gericht op het in meer detail inschatten van de marktkansen, kennis over het omgaan met maatschappelijk draagvlak en kennis over het bevorderen van vertrouwen tussen de samenwerkingspartners voor het aangaan van een langdurige relatie.

De Nederlandse energie-intensieve industrie streeft altijd al naar procesverbeteringen om energieverbruik te verminderen en is nauw verbonden in de directe fysieke omgeving in samenwerkingsclusters rond de Rotterdamse en Amsterdamse havens, via brancheorganisaties en op nationaal niveau in samenwerkingsverbanden zoals de Topsector Energie. Het onderkennen van mogelijkheden voor samenwerking in de nabije omgeving gebeurt daarbij deels al op eigen kracht, maar zal verder ondersteund kunnen worden door onafhankelijke adviesorganisaties. Deze adviesmarkt van ingenieursbureaus, technische- en milieuconsultancies is in Nederland goed ontwikkeld. Ook voor verdergaande systeemanalyses op academisch niveau is in Nederland ruim voldoende kennis aanwezig, met verschillende kennisinstellingen die zich hierop richten. Ook eventueel benodigde ondersteuning in

140 <https://www.drivenbyvalues.nl/artikel-silver-bewerken/>



het samenwerkingsproces zelf is in Nederland ruim voldoende aanwezig. We scoren de aanwezigheid van de benodigde kennis voor uitbouw in Nederland dan ook als +.

#### Indicator 6 - Randvoorwaarden voor opschaling

Score: +

##### **Randvoorwaarde 1. Voldoende regionale clustering van staal-, chemische, papier- en andere energie-intensieve industrie.**

Er is in Nederland voldoende, en voldoende diverse, energie-intensieve industrie op een kleine geografische afstand van elkaar aanwezig om in principe uitwisseling van producten en reststromen mogelijk te maken.

##### **Randvoorwaarde 2. Cultuur van overleg en samenwerking binnen sectoren en tussen sectoren.**

Er zijn in Nederland al ruimschoots overlegorganen en samenwerkingsstructuren aanwezig als basis voor verdergaande samenwerking in industriële symbiose.

##### **Randvoorwaarde 3. Productie voldoende hernieuwbare energie om uit tijdelijke overschotten waterstof te kunnen produceren**

Een belangrijke randvoorwaarde voor opschaling van industriële symbiose is de productie van waterstof (of dragers van waterstof zoals ammoniak) uit hydrolyse. Dat kan uit tijdelijke overschotten van hernieuwbare energie. Het aanleggen van een grootschalige offshore windindustrie biedt daarvoor een basis, maar zal in de toekomst verder vorm moeten krijgen om de benodigde schaalgrootte te krijgen zodat tijdelijke overschotten gebruikt kunnen worden voor waterstofproductie.

##### **Randvoorwaarde 4. Productie en afvang van voldoende CO en CO<sub>2</sub> voor uitwisseling**

CCS heeft in Nederland op dit moment nog nauwelijks een voet aan de grond gekregen (fiche 2), maar is hoogstwaarschijnlijk noodzakelijk als tijdelijke mitigatieoptie in de overgang naar een low-carbon energievoorziening. CCS en CCU samen kunnen, naast de beschikbaarheid van CO uit diverse bestaande chemische processen, zorgen voor de beschikbaarheid van voldoende koolstofatomen voor industriële symbiose.

##### **Randvoorwaarde 5. Warmtebehoefte in kassen en woonwijken om restwarmte te kunnen gebruiken.**

Restwarmtegebruik is een andere vorm van industriële symbiose, waarbij een industriële partner overtollige warmte levert aan bijvoorbeeld de kassen (zoals nu al in OCAP, zie fiche 2) of aan woonwijken. Met de geplande overschakeling van de Nederlandse gebouwde omgeving op een aardgasloze energievoorziening in de komende decennia ontstaat waarschijnlijk een voldoende grote vraag om industriële restwarmte op grote schaal nuttig in te kunnen zetten.

Voorwaarde 1 en 2 zijn reeds aanwezig in Nederland en aan de overige randvoorwaarden kan in de toekomst vermoedelijk worden voldaan, wat maakt dat we deze indicator als + scoren.

#### Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: -

##### **Knelpunt 1. Onvoldoende flexibele regelgeving**

Er zijn verschillende specifieke knelpunten op juridisch en regulerend vlak die verdergaande samenwerking in de weg staan. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om het juridisch toestaan van het gebruik van pijpleidingen voor andere doeleinden dan waarvoor ze zijn ontworpen (bijvoorbeeld H<sub>2</sub> i.p.v. CH<sub>4</sub>), belemmeringen bij grensoverschrijdende samenwerking, of om concurrentiewetgeving die nauwe

samenwerking tussen partners niet toestaat omdat daardoor marktmonopolies of -overwichten zouden kunnen ontstaan.

#### **Knelpunt 2. Bedrijfstechnische risico's**

Radicale industriële symbiose betekent samenwerking tussen verschillende partijen op de lange termijn. Wanneer één van deze partijen tijdens de samenwerking van eigenaar verandert of failliet gaat kunnen daarbij problemen ontstaan. Specifieke en gedetailleerde contracten kunnen helpen om deze risico's te beperken, maar kunnen niet alle mogelijke situaties in de toekomst afdekken. Tegelijk moeten zulke contracten voldoende flexibel zijn om ook in veranderende marktsituaties van dienst te kunnen zijn.

#### **Knelpunt 3. Het ontbreken van een voldoende hoge marktprijs voor CO<sub>2</sub>**

Het ETS is er tot dusver niet in geslaagd om een voldoende hoge marktprijs voor CO<sub>2</sub> te creëren dat daardoor radicale innovatie die kan leiden tot hergebruik van CO<sub>2</sub> wordt gestimuleerd.

#### **Knelpunt 4. Remmende voorsprong in petrochemie en gas**

De ruime aanwezigheid van binnenlandse gasreserves en de relatief eenvoudige mogelijkheden om aardolie aan te voeren via de Nederlandse havens hebben er voor gezorgd dat in Nederland een sterk energie-intensief en petrochemisch complex aanwezig is. Tot dusver waren dit sterke concurrentievoordelen van Nederland ten opzichte van andere landen, maar de uitdaging ligt in het voorkomen van een situatie waarin de Nederlandse concurrentievoorsprong op dit gebied een remmende voorsprong wordt voor radicale innovatie op ander gebied. Via een hybride overgangssituatie van maar enkele decennia zal er daarbij naar gestreefd moeten worden om tegelijk via de opbouw van end-of-pipe maatregelen als CCS in een overgangperiode emissies te mitigeren en om nieuwe concurrentievoordelen op te bouwen voor een low-carbon samenleving in de toekomst. Dit vergt een cultuuromslag die niet eenvoudig zal zijn.

Terwijl regelgeving nog relatief makkelijk aangepast kan worden en bedrijfstechnische risico's tot op zekere hoogte door goede afspraken verminderd kunnen worden, zien we de andere twee knelpunten als minder makkelijk op te lossen. Het Europese emissiehandelssysteem is door meningsverschillen tussen lidstaten dusdanig intransparant en inflexibel geworden, dat er vermoedelijk op de middellange termijn geen grote stijgingen van de CO<sub>2</sub> prijs verwacht mag worden. Ook een cultuuromslag in Nederland waarbij de traditionele gas- en aardoliegerichtheid van de economie plaatsmaakt voor een 'Low-carbon Energy Delta' mentaliteit zal niet eenvoudig zijn. We scoren deze indicator daarom als -.

#### **Indicator 8 - Verwacht draagvlak**

**Score: 0**

Op dit moment is er geen maatschappelijke weerstand tegen industriële symbiose en die wordt ook niet verwacht in de toekomst. De hele systeeminnovatie speelt zich grotendeels buiten het zicht van het publiek af in de industrie. Voor zover er wel een publieke houding is ten opzichte van industriële symbiose is de inschatting dat die relatief positief is, want het concept past goed in het in Nederland breed omarmde concept van de circulaire economie. Tegelijk biedt deze systeeminnovatie een heldere rechtvaardiging voor voortbestaan en vernieuwing van de huidige energie-intensieve industrie, dus ook kan voor de toekomst een positieve grondhouding verwacht worden. We scoren deze indicator vooralsnog als 0.

### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: +

Industriële symbiose kan in de productiefase van de waardeketen toegevoegde waarde opleveren door de verbeterde productieprocessen en hogere opbrengsten van reststromen zelf. Ook kan symbiose waarde toevoegen aan de dienstenkant van de waardeketen door het patenteren van innovatieve samenwerkingsprocessen. Bovendien kan de adviessector de opgedane kennis voor samenwerking op een hoger systeemniveau exporteren voor samenwerkingsprojecten in het buitenland. De verschillende fasen in de waardeketen waarin uitbouw mogelijk lijkt maken dat we deze indicator als + scoren.

### Indicator 10 - Potentiële marktgrootte

Score: 0

Door de bestaande omvang van de energie-intensieve industrie in Nederland kan verbeterde samenwerking in potentie veel waarde opleveren. Ook het patenteren van nieuwe processen kan bijdragen aan waarde-creatie, evenals het leveren van adviesdiensten die op deze samenwerking gebaseerd zijn. De omvang van deze markt is zeer lastig in te schatten. Dat maakt dat we deze indicator voornamelijk als 0 scoren.

## Internationale concurrentie

### Indicator 11 - Bestaande internationale concurrentie

Score: 0

Verschillende landen zijn al bezig met industriële symbiose. Bekend is het voorbeeld van het Deense Kalundborg, waar publieke en particuliere bedrijven reststromen van elkaar kopen in een gesloten kringloop van industriële productie. Daarbij wordt een verscheidenheid aan producten verhandeld, zoals stoom, as, gas, warmte, slib, en andere bijproducten die fysiek kunnen worden getransporteerd van het ene bedrijf naar het andere. Door recycling en hergebruik worden onder meer ook 3 miljoen m<sup>3</sup> water bespaard<sup>141</sup>. Ook in Zweden zijn zo'n zeven projecten gaande op het gebied van industriële symbiose. Projecten omvatten onder meer een warmte-kracht centrale die naast de productie van stadsverwarming ook de vliegass nuttig afzet, een biogas- en ethanolafabriek gebaseerd op lokale landbouwafvalproducten en uitwisseling van zwavelzuur en waterstofperoxide<sup>142</sup>. In Vlaanderen wil het project SYMBIOSE bedrijven samenbrengen om te bekijken of materialen die in het ene bedrijf als afval beschouwd worden, in een ander bedrijf nuttig gebruikt kunnen worden als grondstof<sup>143</sup>. In Engeland bestond van 2003 tot 2013 het 'National Industrial Symbiosis Programme (NISP)'<sup>144</sup>, op basis waarvan commerciële dienstverlener nu weer adviesdiensten levert in verschillende landen. Andere voorbeelden zijn de Zweedse staalproducent SSAB in Lulea, dat zijn hoogovengassen gaat gebruiken voor de productie van methanol voor zeeschepen en het Duitse staalconcern ThyssenKrupp in Duisburg, dat in het door de Duitse overheid gesubsidieerde project Carbon2Chem eveneens restgassen gaat leveren aan de Duitse chemische concerns Basf, Covestro van Bayer, Evonik en het Zwitserse Clariant, waardoor hun uitstoot van CO<sub>2</sub> sterk vermindert<sup>145</sup>.

De inventarisatie van activiteiten in andere landen geeft aan dat de meeste activiteiten daar zich net als in Nederland in een vroeg stadium van ontwikkeling bevinden. Er is geen land dat zich zodanig profileert op het gebied van 'industriële symbiose' dat hierdoor een concurrentieachterstand van Nederland op dit gebied te verwachten is. Bovendien zijn de activiteiten tot dusver vooral maatwerk en zijn er - wellicht met uitzondering van de NISP methodiek - nog weinig generaliseerbare en

141 [www.symbiosis.dk](http://www.symbiosis.dk)

142 [www.industriellekologi.se](http://www.industriellekologi.se)

143 [www.smartsymbiose.be](http://www.smartsymbiose.be)

144 [www.nispnetwork.com](http://www.nispnetwork.com)

145 [www.fd.nl/ondernemen/1186712/arcelor-en-dow-lossen-elkaars-probleem-op](http://www.fd.nl/ondernemen/1186712/arcelor-en-dow-lossen-elkaars-probleem-op)

exporteerbare symbiosemethodieken ontwikkeld. De internationale advies- en exportmarkt op dit gebied is dan ook nog in een beginstadium. We beoordelen deze indicator dan ook als 0.

**Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling**

**Score: 0**

Voor zover bekend zijn er nog geen internationale plannen voor grootschalige ontwikkeling en uitrol van industriële symbiose die veel groter in omvang zijn dan die in Nederland en waarvan een concurrerende werking uitgaat voor de Nederlandse plannen. Wanneer Nederland nu inzet op radicale industriële symbiose kan het zeker nog tot de kopgroep behoren. We geven deze indicator daarom vooralsnog de score 0.

# Fiche 6: Geavanceerde hernieuwbare en CO2-neutrale transportbrandstoffen

## Wat is het?

### Definitie

In deze fiche zullen we ingaan op de **ontwikkeling en productie van geavanceerde hernieuwbare biobrandstoffen** voor de transportsector.

	Modulair	Systeem
Incrementeel	- 1e generatie biobrandstoffen (uit voedingsgewassen)	- (Deel) 2 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (niet-voedingsgewassen / houtachtige materialen)
Radicaal	- (Deel) 2 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (niet-voedingsgewassen / houtachtige materialen)	- 3 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (algen, zeewier); - Kunstmatige fotosynthese

### Scope

In deze fiche zullen we vooral kijken naar geavanceerde biobrandstoffen, waaronder sommige 2<sup>e</sup>, maar vooral 3<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (uit algen) vallen. De uiteindelijke brandstoffen kunnen een breed scala aan stoffen zijn zoals bio-ethanol, biodiesel, maar ook minder bekende brandstoffen zoals biomethanol, biobutanol en biokerosine. Één van de aspecten die hierbij nadrukkelijk de aandacht krijgt is het innoveren van de chemische industrie door deze aan te passen aan biobased feedstocks (biograndstoffen). Methoden die in deze fiche belicht zullen worden zijn bioraffinage: het extraheren van de gewenste stoffen uit bulk biomassaströmen, maar ook innovatieve biotechnologische methoden om door middel van algen en andere micro-organismen biobrandstoffen te produceren. Ten slotte zal de fiche ingaan op artificiële fotosynthese. Hierbij ontwikkelt men chemische devices, geïnspireerd op natuurlijke fotosynthese, waarmee brandstoffen zoals waterstof of koolwaterstoffen geproduceerd kunnen worden<sup>146</sup>.

De verschuiving naar het gebruik van fossiele grondstoffen voor de productie van brandstoffen valt binnen de bredere transitie naar een bio-based economy. De bio-based economy is echter veel breder dan de scope van deze fiche. Binnen de biobased economy behoren de volgende zaken die buiten de scope van deze fiche vallen, namelijk:

- Productie van vloeibare biobrandstoffen uit voedselgewassen (eerste generatie);
- Gebruik van biomassa en organische reststromen voor productie van biogas en groen gas;
- Gebruik van biomassa voor elektriciteitsproductie of directe warmteproductie;
- Productie van chemicaliën en materialen uit biomassa.

Ook op solar fuels die geproduceerd worden op andere wijze dan d.m.v. fotosynthese, bijvoorbeeld door een combinatie van PV en elektrolyse, vallen buiten de scope van deze fiche.

<sup>146</sup> Joint Center for Artificial Photosynthesis (2017) URL: <http://solarfuelshub.org/why-solar-fuels>

Laatst geraadpleegd op: 28-08-2017

## Verantwoording

Het belang van hernieuwbare brandstoffen is essentieel voor de energietransitie, omdat deze nodig zijn om de luchtvaartsector en het vrachtvervoer CO<sub>2</sub>-arm te kunnen maken, aangezien er voor deze sectoren nauwelijks alternatieve CO<sub>2</sub>-arme energiedragers zijn. Er is weinig maatschappelijk draagvlak voor het gebruik van eerste generatie biobrandstoffen, i.v.m. de mogelijke negatieve effecten op de beschikbaarheid van voedsel en op het verlies van natuurgebieden en biodiversiteit. Daarnaast focust deze fiche op radicale innovaties, terwijl technologieën voor productie van eerste generatie al uit ontwikkeld zijn.

Naast biobrandstoffen zal biogas een rol spelen in o.a. het verduurzamen van de transportsector, maar omdat de technologieën die nodig zijn voor de productie van biogas al grotendeels uit ontwikkeld zijn zullen wij hier in deze fiche niet op ingaan. Dit geldt ook voor warmte -en elektriciteitsproductie uit biomassa. Synthetische brandstoffen uit bijvoorbeeld H<sub>2</sub> zijn potentieel ook een interessante CO<sub>2</sub>-arme oplossing voor transport, maar deze vallen onder fiche 4 CCU.

Veel processen die gebruikt worden voor het maken van geavanceerde biobrandstoffen kunnen ook gebruikt worden voor productie van andere organische stoffen/chemicaliën. Om te besluiten voor welke toepassing biomassa het best gebruikt kan worden, is de belangrijkste leidraad dat producten met een zo hoog mogelijke waarde gemaakt worden. Zo gaat de extractie van bijvoorbeeld eiwitten of farmaceutische stoffen boven de productie van biobrandstoffen. Er moet dus altijd op systeemniveau gekeken worden wat de beste optie is. Echter, om de focus van deze fiche duidelijk te houden beperken we ons hier tot brandstoffen.

## TRL fase waarin de innovatie zich bevindt

### Verschillende technologieën voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen verschillen erg qua Technology Readiness Levels (

Figuur 6). Over het algemeen verkeren technologieën voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen nog in relatief lage TRL's waarbij de meerderheid zich in de vroege en late demonstratiefase bevinden (TRL 4-7)<sup>147</sup>. Als alle projecten die in de pijplijn zitten succesvol worden uitgevoerd en opgeschaald kan er in 2020 0,6 EJ aan geavanceerde biobrandstoffen geproduceerd worden, wat tegen die tijd overeen komt met ongeveer 9-13% van de totale biobrandstofproductie<sup>148</sup>.

Productie van ethanol uit ligno-cellulose is een van de meest volwassen technologieën, terwijl directe omzetting van suikers in biobrandstoffen en 'hydrothermal upgrading'<sup>149</sup>, zich nog in de R&D fase bevinden. Ook artificiële fotosynthese en het produceren van brandstoffen door algen d.m.v. 'directe conversie' (4<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen<sup>150</sup>) bevinden zich nog in de vroege R&D fase (TRL 1-3).

---

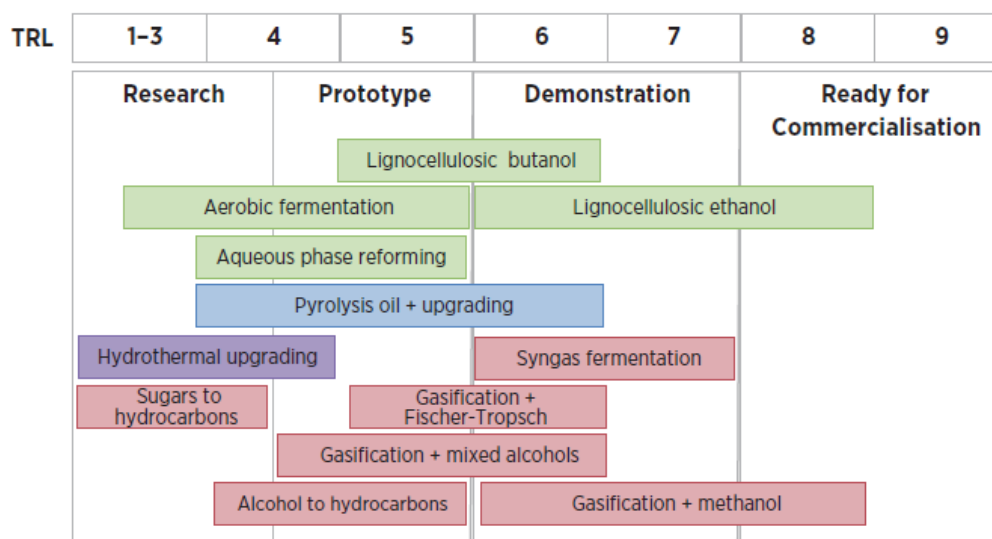
147 IRENA (2016) Innovation outlook - Advanced Liquid Biofuels

148 IEA (2017)- Tracking Clean Energy Progress 2017 -Transport biofuels; Shell (2013) New lens scenarios - A shift in perspective for a world in transition

149 Hydrothermal upgrading is het produceren van een soort ruwe olie uit biomassa met een hoog waterpercentage, door de biomassa onder hoge druk te zetten bij hoge temperaturen. Bron: IRENA (2016)

150 Lu J., Sheahan C. & Fu P. (2011) Metabolic engineering of algae for fourth generation biofuels production. Energy Environ. Sci. 4, 2451-2466

Figuur 6 - TRL of different production pathways for advanced biofuels. Source: IRENA (2016) Innovation outlook –Advanced Liquid Biofuels



## Maatschappelijke bijdrage

De productie van biobrandstoffen is onderdeel van een grotere overgang van fossiel-gebaseerde naar een biobased economy. Deze systeeminnovatie vindt plaats op het raakvlak van de landbouw en -voedingssector, energiesector en de chemische industrie. De bio-economie heeft als doel bio-feedstocks (biograndstoffen) op een zo hoog mogelijk waarde-niveau te benutten en de hoeveelheid ongebruikte reststromen tot een minimum te beperken en het liefst zelfs uit te bannen. In bio-raffinage betekent dit dat de eerste prioriteit ligt bij de extractie van hoogwaardige materialen zoals farmaceutische stoffen, eiwitten en vetzuren, en andere chemicaliën (buiten de scope van deze fiche). Daarna kunnen de reststromen gebruikt worden voor de productie van biobrandstoffen. Grootschalige invoering van bio-raffinage zorgt dat er meer waarde kan worden gehaald uit dezelfde hoeveelheid biograndstoffen. Daarnaast verlaagt het vervangen van fossiele grondstoffen met biograndstoffen de afhankelijkheid van andere landen voor de import van fossiele grondstoffen.

De productie van biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen is van belang voor de transitie naar een CO<sub>2</sub>-arme economie. Biobrandstoffen zullen een belangrijke rol vervullen voor het verduurzamen van de transportsector, vooral als het gaat om de luchtvaart, omdat er nog geen alternatieve energiedragers zijn die deze sector op CO<sub>2</sub>-arme wijze van energie kunnen voorzien<sup>151</sup>. Hetzelfde geldt tot op zekere hoogte voor vrachtovervoer, in de scheepvaart, maar ook voor vrachtovervoer over de weg, hoewel hier inmiddels ook een aantal alternatieve energiedragers waaronder waterstof, elektriciteit en biogas in opkomst zijn<sup>152</sup>.

<sup>151</sup> IRENA (2017) Transport offers an opening for decarbonisation

<sup>152</sup> Siemens (2017) URL: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/road-solutions/electromobility/ehighway.html>, Forbes (2017). URL: <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2017/04/19/toyota-rolls-out-hydrogen-semi-ahead-of-teslas-electric-truck/#314278e4582b> Laatst geraadpleegd op: 28-08-2017

## Beleid

Tot op heden zijn biobrandstoffen geen hoge prioriteit geweest in het Nederlandse energie- en klimaatbeleid. Nederland zet zich in om te voldoen aan de Europese bijmengingsverplichting uit de Renewable Energy Directive, en op dit moment is 5% van de getankte brandstof in Nederland biobrandstof<sup>153</sup>. In 2020 moet dit 10% zijn. Op nationaal niveau implementeert Nederland deze bijmengingsverplichting d.m.v. jaarverplichtingen. Hierbinnen wordt het gebruik van afvalstoffen als feedstock gestimuleerd, doordat brandstoffen die hieruit geproduceerd zijn dubbel geteld mogen worden. In 2018 zal op grond van de ILUC richtlijn het gebruik van conventionele biobrandstoffen verder beperkt worden en zullen er subdoelen gesteld worden voor toepassing van geavanceerde biobrandstoffen.

De Nederlandse overheid heeft de laatste jaren wel steviger ingezet op het vooruitbrengen van de biobased economy, wat een meer holistische aanpak is dan een focus op specifieke productgroepen. De prioriteiten die de overheid stelt in de biobased economy zijn: stimulering van beter gebruik van organische reststromen, agendering van de biobased economy op EU-niveau om de dilemma's die de biobased economy met zich meebrengt over genetisch gemodificeerde organismen, landbouw-, nutriënten-, en biodiversiteitsbeleid op Europees niveau te adresseren<sup>154</sup>. Daarnaast wil de overheid inzetten op de kansen die de biobased economy Nederland biedt op het gebied van logistiek en het ontwikkelen van greenports. Binnen de Topsector Energie bestaat ook een TKI Biobased Economy, dat zich ten doel stelt onderzoek en ontwikkeling van technologieën te stimuleren, waarbij wordt ingezet op de volgende processen: thermische conversie<sup>155</sup>, chemische katalyse<sup>156</sup>, microbiologische conversie<sup>157</sup> en biomassaproductie<sup>158</sup>. Het uiteindelijke doel in de biobased economy cascadering van biomassa, waarbij organische stromen worden gesplitst zodat de afzonderlijke bestanddelen gebruikt kunnen worden voor toepassingen die een zo hoog mogelijke toegevoegde waarde opleveren. Er is ook een subsidieregeling genaamd Biobased Economy en Groen Gas (BBEG), waar consortia van bedrijven en kennisinstellingen aanspraak op kunnen maken, maar biobrandstoffen vallen niet binnen deze subsidie<sup>159</sup>. De overheid ziet het vastleggen van de bijmengingsverplichting onder de wet milieubeheer in het 'Besluit en de Ministeriële Regeling hernieuwbare energie vervoer' als voldoende stimulering voor de biobrandstofmarkt<sup>160</sup>.

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: 0
----------

Momenteel zit het grootste deel van de technologieën voor duurzame productie van hernieuwbare brandstoffen in de ontwikkeling- en demonstratiefase, een deel in de vroege R&D stadia en een relatief klein deel wordt toegepast voor (veelal kleinschalige) commerciële productie, bijvoorbeeld bij BioMCN. Dit gemengde beeld qua technologische volwassenheid levert deze indicator de score 0 op.

<sup>153</sup> Rijksoverheid (2017) URL: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/milieuvriendelijke-brandstoffen-voor-vervoer/biobrandstoffen> Laatst geraadpleegd op: 11-08-2017

<sup>154</sup> Economische Zaken (2012) Hoofdpijnennotitie biobased economy.

<sup>155</sup> Thermische conversie is de omzetting van biomassa in brandstoffen onder hoge temperatuur, een voorbeeld hiervan is pyrolyse.

<sup>156</sup> Chemische katalyse maakt gebruik van katalysatoren (e.g. enzymen) om lange of complexe koolwaterstofketens uit biomassa in kortere koolwaterstoffen om te zetten die geschikt zijn als brandstof.

<sup>157</sup> Bij microbiologische conversie worden bacteriën of schimmels gebruikt om (houtige) biomassa om te zetten in eenvoudige koolwaterstoffen, bijvoorbeeld ethanol of butanol.

<sup>158</sup> Topsector Energie (2017) URL: <https://topsectorenergie.nl/tki-biobased-economy/bbe-onze-visie> Laatst geraadpleegd op: 11-08-2017

<sup>159</sup> RVO (2017) Programmalijnen BBEG Innovatie 2017.

<sup>160</sup> *ibid*



## Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: +

In Nederland is inmiddels een flink aantal organisaties dat zich bezighoudt met de productie van hernieuwbare transportbiobrandstoffen (Tabel 1). In Nederland is een groot aantal kennisinstellingen, bedrijven en overkoepelende brancheorganisaties en samenwerkingsverbanden betrokken bij de verdere ontwikkeling van hernieuwbare transportbrandstoffen. Daarnaast nemen deze Nederlandse organisaties deel aan internationale onderzoeks -en demonstratieprojecten. De overheid ondersteunt een aantal van deze projecten ook d.m.v. subsidies. Al met al beschikt Nederland dus over een uitgebreid netwerk van betrokken organisaties, wat deze indicator de score + oplevert.

Tabel 1 – Organisaties die in Nederland betrokken zijn bij de productie van biobrandstoffen

Kennisinstituten		Branche-organisaties, burger initiatieven en andere samenwerkingsorganisaties	
ECN, PBL, TNO, CWI, hogescholen (Hanze university of applied sciences, HAN, Saxion, Avans), Universiteiten (UVA, RUG, UU, TU Delft, Twente & Eindhoven), high-tech campus Eindhoven, Utrecht sustainability institute, Copernicus institute, Zernicke Advanced Processing (ZAP) facility, Nederlands Instituut onderzoek katalyse (NIOK), Application centre of renewable resources (ACRRES)		Nederlandse vereniging duurzame biobrandstoffen, Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie, Commissie duurzaamheidvraagstukken Biomassa, Stichting biomassa, The Rotterdam Climate initiative	
Bedrijven			
Chemische en -petrochemische industrie		Gespecialiseerde bedrijven biobrandstoffen	
DSM, Akzo Nobel, Albermarle catalysts, Shell, ExxonMobil, Total, Lyondell Basell		2N biofuels, Photanol, Bio Refinery Development, Avantium, Algaecom, Algea Food & fuel, Omega Green, Sunoil Argos Group, HarvestaGG, Simerdarby CleanerG, Biodiesel Kampen, Abengoa Bioenergy, Eco-fuels Netherlands, Neste oil, Greenmills, Ecopark Harlingen, Ecoson	

NB: Deze tabel bevat geen bedrijven die biomassa uitsluitend gebruiken voor de productie van biogas of elektriciteit. Verder zijn er geen bedrijven opgenomen die biomassa of algen gebruiken voor de productie van producten anders dan biobrandstoffen. De gespecialiseerde biobrandstofbedrijven in deze tabel bevat ook bedrijven die eerste generatie biobrandstoffen produceren.

## Indicator 3 - Huidige marktomvang

Score: 0

De wereldwijde biobrandstoffenproductie ligt momenteel op 137 mlrd liter (3,3 EJ) per jaar<sup>161</sup>, en in Nederland bestaat momenteel 7% van de getankte brandstoffen uit biobrandstof<sup>162</sup>, hetgeen overeenkomt met zo'n 17,7PJ. Een groot deel van deze biobrandstoffen is echter geïmporteerd. Het is ingewikkeld om de economische omvang van de Nederlandse productie van biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen in monetaire eenheden uit te drukken. Momenteel is deze sector nog overduidelijk een nichemarkt, met een beperkte economische impact. Echter, de betrokken sectoren waaronder landbouw, de chemische industrie en de aardoliesector leveren een substantiële bijdrage aan de economie, want deze sectoren zijn verantwoordelijk voor respectievelijk 1,4%; 0,2% en 1% van het BBP<sup>163</sup>.

<sup>161</sup> IEA (2017) URL: <https://www.iea.org/etp/tracking2017/transportbiofuels/>. Laatst geraadpleegd 28-08-2017

<sup>162</sup> NEA (2016). Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2016.

<sup>163</sup> CBS Statline (2017) BBP, productie en bested; productie en inkomens naar bedrijfstak 1969-2012; ). Opbouw binnenlands product (bbp); nationale rekeningen.

In een recent onderzoek van RVO<sup>164</sup> wordt Biobased economy in Nederland gedefinieerd als bedrijven die werkzaam zijn in bio-energie, hout, papier en -pulpindustrie en productie van biomaterialen (incl. de productie van voeding en veevoer). In dit onderzoek komt men erop uit dat de omzet van de biobased economy in 2013 €21 miljard bedroeg. Dit is een overschatting in vergelijking met de afbakening van de sector in deze fiche. Een van de redenen is dat in het RVO onderzoek onder bio-energie bijvoorbeeld ook producenten van biogas en elektriciteit uit biomassa vallen en daarnaast ook productie van biomaterialen waaronder papier en karton, maar ook biochemicalïen zijn meegenomen. De biobased sector in Nederland maakt een gestage groei door, van 2015 op 2016 is het aantal bedrijven in de sector met 17% gegroeid van 947 naar 1110 organisaties<sup>165</sup>. Aangezien de productie van geavanceerde biobrandstoffen al op beperkte schaal wordt toegepast en de onderliggende sectoren een aanzienlijke marktomvang hebben, krijgt deze indicator de score 0.

#### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: 0

Volgens het RVO-rapport zijn er volgens de laatste schattingen tussen de 13 000 en de 60 000 mensen werkzaam in de biobased sector, afhankelijk van de afbakening<sup>166</sup>. In de toekomst kunnen steeds meer van deze banen ook onderdeel worden van de biobased economy, omdat de fossiele grondstoffen worden verwisseld voor biograndstoffen. Het aantal banen die direct gerelateerd zijn aan de productie van biobrandstoffen is nog relatief gering, maar de werkgelegenheid aan de gerelateerde sectoren is substantieel. Zo zijn er in de huidige chemische industrie 47 000 mensen werkzaam en in de raffinage sector 5 100 personen<sup>167</sup>. Kortom, de sector geavanceerde transportbrandstoffen levert nu nog een beperkte bijdrage aan de werkgelegenheid, met activiteiten die zich zowel op het terrein van onderzoek als commerciële productie afspelen, hetgeen deze indicator de score 0 oplevert.

### Capaciteiten voor opschaling

#### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: +

De portfolio-analyse van TNO laat zien dat Nederland qua technologieën en bedrijfsleven goed gepositioneerd is om gebruik te maken van nieuwe biomaterialen. Dit zien we ook terug in het aantal bedrijven dat in Nederland actief is in het ontwikkelen/produceren van biobrandstoffen (zie indicator 2). Over de onderliggende wetenschapsvelden geven verschillende onderzoeken een gemengd beeld. Zo komen in het onderzoeksveld 'biologische wetenschappen' in de QS World University Ranking geen Nederlandse universiteiten uit in de top 50<sup>168</sup>. Echter, in de Shanghai Academic Ranking of World Universities komt de Wageningen Universiteit wereldwijd op nummer 13 op het gebied van biotechnologie<sup>169</sup>. Daarnaast is Nederland met de Wageningen Universiteit nummer 1 op het gebied van landbouwonderzoek. Uit een ietwat verouderde SWOT-analyse voor bioraffinage in Nederland kwam naar voren dat Nederland ook kan putten uit een sterke kennisinfrastructuur, maar ook uit de goede ligging in Europa. Hoewel, de grootte en de kwaliteit van de kennisvelden verder uitgebouwd kunnen worden lijken alle benodigde kennisvelden in Nederland in voldoende mate aanwezig te zijn voor opschaling van hernieuwbare brandstoffen, wat deze indicator de score + oplevert.

<sup>164</sup> RVO (2017) Monitoring biobased economy in Nederland 2016

<sup>165</sup> *Ibid.*

<sup>166</sup> *Ibid.*

<sup>167</sup> CBS (2017) Bedrijfsleven; arbeids- en financiële gegevens, per branche, SBI 2008.

<sup>168</sup> QS Top universities (2017) URL: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2017/biological-sciences> laatst geraadpleegd op: 28-08-2017

<sup>169</sup> Shanghai Academic Ranking of World Universities (2017) URL: <http://www.shanghairanking.com/Shanghairanking-Subject-Rankings/biotechnology.html#> laatst geraadpleegd op: 28-08-2017

## Indicator 6 - Randvoorwaarden voor opschaling

Score: +

### Randvoorwaarde 1 - Sterke chemische industrie

Nederland beschikt over chemische industrie met een sterke internationale positie en voldoende innoverende kracht om ontwikkelingen in (bio)chemische processen die nodig zijn voor een efficiënte productie van biobrandstoffen en -chemicaliën aan te wakkeren. Zo was het Nederlandse chemieconcern DSM vorig jaar wereldwijd de sectorleider in de Dow Jones Sustainability Index en vier jaar daarvoor was dat het Nederlandse Akzo Nobel<sup>170</sup>. DSM heeft dit jaar ook een nieuw onderzoekscentrum geopend voor biotechnologisch onderzoek<sup>171</sup>. Nederlandse chemiebedrijven hebben zijn dus voorlopers op het gebied van duurzame innovatie.

### Randvoorwaarde 2 - Bestaande infrastructuur voor raffinage

Bioraffinage gebeurt momenteel vooral op kleine schaal in daarvoor gespecialiseerde bedrijven. Er zijn in Nederland echter meerdere olieraffinaderijen aanwezig, bijvoorbeeld in de Rotterdamse haven, waar een grote productievolumes gehaald worden. Door deze installaties aan te passen aan biograndstoffen kunnen deze installaties een nieuwe bestemming krijgen in de CO<sub>2</sub>-arme economie. In hoeverre dit economisch aantrekkelijk is zal ook samenhangen met de beschikbaarheid van homogene bulk biomassastromen. Als er voornamelijk veel verschillende kleine biomassa (rest)stromen zijn, is kleinschalige (lokale) bioraffinage economisch wellicht aantrekkelijker dan de huidige schaal.

Voor de levering van biobrandstoffen door consumenten zijn geen aanpassingen aan de huidige tankinfrastructuur vereist. De voor productie benodigde randvoorwaarden zoals een sterke chemische industrie en beschikbare raffinage-infrastructuur, die omgebouwd kan worden naar bioraffinage-infrastructuur geeft Nederland een goede uitgangspositie om de productie van biobrandstoffen succesvol op te schalen. Daarmee scoort Nederland een + voor deze indicator.

## Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: 0

### Knelpunt 1 - Ontbreken gelijk speelveld

Ten eerste ontbreekt in Nederlandse en Europese markt een gelijk speelveld tussen productie op basis van biograndstoffen en fossiele grondstoffen. Het Europese emissiehandelsstelsel (ETS) draagt bij aan het gelijktrekken van het speelveld, maar tot op heden zijn de CO<sub>2</sub>-prijzen te laag om een grootschalige overgang van fossiele naar biobased brand en- grondstoffen te bewerkstelligen. Innovaties en duurzame technologieën voor productie van hernieuwbare transportbrandstoffen zijn dus in veel gevallen niet competitief zijn met fossiele brandstoffen. Marktontwikkeling van duurzame alternatieven wordt echter gewaarborgd door quota zoals de Europese verplichting van 10% hernieuwbare brandstoffen in 2020.

### Knelpunt 2 - Biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen in NL geen beleidsprioriteit

Hernieuwbare brandstoffen voor de transportsector lijken in Nederland geen grote prioriteit te zijn binnen het Nederlandse energietransitiebeleid. De ontwikkeling van een markt voor geavanceerde biobrandstoffen lijkt voldoende gestimuleerd te worden d.m.v. de mogelijkheid tot dubbelrekening en de verwachte specifieke doelstelling wat betreft het aandeel van geavanceerde biobrandstoffen in de totale biobrandstoffenmix. Hoewel geavanceerde transportbrandstoffen onder de TKI Biobased

<sup>170</sup> Dow Jones Sustainability Index (2016) DJSI 2016 Review results; Akzo Nobel (2017) URL: <https://www.akzonobel.com/for-media/media-releases-and-features/akzonobel-ranked-top-djsi-fourth-year-row>

Laatst geraadpleegd op 07-08-2017

<sup>171</sup> DSM (2017) URL: <https://www.dsm.com/corporate/media/informationcenter-news/2017/04/10-17-dsm-opens-new-biotechnology-center-in-delft-the-netherlands.html>

Laatst geraadpleegd op: 28-08-2017

economy vallen, zijn er weinig beleidsmaatregelen die zich richten op innovatie en technologie-ontwikkeling omtrent de productie van geavanceerde biobrandstoffen. Aangezien veel technologieën zich nog in een vroeg stadium bevinden, is overheidssteun wel van groot belang voor succesvolle opschaling.

### **Knelpunt 3 - Beschikbaarheid duurzame biomassa van eigen bodem**

Een andere belangrijke voorwaarde bij opschaling is dat er voldoende beschikbaarheid moet zijn van duurzaam geproduceerde biomassa. Aangezien het moeilijk is voldoende feedstock op Nederlands grondgebied te produceren, is Nederland afhankelijk van import. Daarom is het van groot belang dat transparante en internationaal geharmoniseerde richtlijnen en certificeringen voor duurzame productie van biomassa, biobrandstoffen en andere bioproducten worden ontwikkeld. In aanwezigheid van dergelijke richtlijnen en regels hoeft de beperkte beschikbaarheid van biomassa in Nederland geen grote belemmering te zijn voor het verdienpotentieel, aangezien Nederland biomassa kan importeren voor binnenlandse brandstofproductie. Daarnaast kan Nederland kennis, technologieën en productieprocessen voor geavanceerde transportbrandstoffen naar het buitenland exporteren.

### **Knelpunt 4 - Onzekerheid in voortgang technologische ontwikkeling**

Alleen de technologieën voor de productie van tweede generatie biobrandstoffen zijn in een relatief ver gevorderd stadium, maar andere technologieën voor productie van geavanceerde brandstoffen zoals biobrandstoffen uit algen, biologische productie van langere koolwaterstofketens (o.a. voor biokerosine) en met name artificiële fotosynthese bevinden zich nog in een vroege ontwikkelingsfase. Voor deze technologieën is het dus nog relatief onduidelijk hoe succesvol ze in de toekomst gaan worden en op welke termijn, wat van belang is voor het nut van deze technologieën in de energietransitie.

Er is dus nog een aantal knelpunten aanwezig voor opschaling van de ontwikkeling van geavanceerde transportbrandstoffen. Een groot deel van deze knelpunten gelden ook voor concurrerende landen, maar het feit dat geavanceerde transportbrandstoffen weinig prioriteit hebben in het Nederlandse energiebeleid is wel een aandachtspunt. Al met al, lijken de knelpunten niet onoverkomelijk en daarom is de score van 0 gerechtvaardigd.

### **Indicator 8 - Verwacht draagvlak**

**Score: -**

Een substantieel deel van de Nederlandse beroepsbevolking kan profiteren van een sterke sector die bouwt aan de ontwikkeling, productie en verkoop van biobrandstoffen en -chemicaliën, aangezien er veel mensen in de (petro)chemische industrie werkzaam zijn en innovatie noodzakelijk is in deze sectoren om concurrerend te blijven met het buitenland.

Voor een breed maatschappelijk draagvlak is het echter ook van groot belang dat de biograndstoffen (feedstock) voor productie van biobrandstoffen en -chemicaliën op duurzame wijze verkregen worden, zodat competitie met voedselproductie of destructie van natuurgebieden voorkomen wordt. Eerdere maatschappelijke discussies hebben laten zien dat het gebruik van biomassa en biobrandstoffen die op deze wijze zijn verkregen omstreden en niet duurzaam is<sup>172</sup>.

<sup>172</sup> Volkskrant (2008) URL: <https://www.volkskrant.nl/opinie/biobrandstof-ja-maar-alleen-als-het-duurzaam-is-a2455014/>

Het produceren van biobrandstoffen en -chemicaliën door middel van nieuwe biotechnologische technologieën, gaat vaak gepaard met het gebruik van genetisch gemodificeerde organismen (GMO's). Tot op heden is het maatschappelijk draagvlak voor het gebruik van GMO's zeer gering<sup>173</sup>, hoewel dit wellicht ook samenhangt met de perceptie van burgers dat ze onvoldoende informatie krijgen over het gebruik van GMO's in Nederland<sup>174</sup>. Ook op het gebied van synthetische biologie, een strategie die o.a. wordt gebruikt bij het produceren van stoffen door algen, bestaat veel maatschappelijke weerstand<sup>175</sup>.

Samenvattend lijkt de maatschappelijke steun voor biobrandstoffen tot op heden gering onder meer door zorgen rondom de duurzaamheid van de benodigde biomassa en ethische -en veiligheidsaspecten van genetische modificatie en synthetische biologie. Om het maatschappelijk draagvlak naar de toekomst toe te vergroten, zijn goede informatievoorziening en een open maatschappelijk debat cruciaal. Deze indicator soort -.

#### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: +

In alle fasen van de Shih's smiling curve lijkt is uitbreiding mogelijk. Zo kan de bestaande capaciteit voor onderzoek verder worden uitgebreid. Met name op het gebied van 3<sup>e</sup> generatiebiobrandstoffen en artificiële fotosynthese is nog veel fundamenteel onderzoek nodig. Op lange termijn lijkt de grootste opschaling lijkt mogelijk in de productie en verkoop van de geavanceerde transportbrandstoffen. In eerste instantie zullen dit vooral 2<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen zijn en op langere termijn ook 3<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen en eventueel brandstoffen geproduceerd d.m.v. artificiële fotosynthese. Deze indicator krijgt dus de score +.

#### Indicator 10 - Potentiële marktomvang

Score: 0

In 2016 werd 137 miljard liter (3.3EJ) aan biobrandstoffen geproduceerd, vergeleken met 2.4 EJ in 2010<sup>176</sup>. In 2012 bestond slechts 0,2% van de totale biobrandstofproductie uit geavanceerde biobrandstoffen<sup>177</sup>. Hoe de biobrandstofmarkt zich op de lange termijn zal ontwikkelen is erg onzeker, want dit is sterk afhankelijk van politieke keuzes en technologische ontwikkelingen in productiemethodes voor biobrandstoffen, maar ook in alternatieve technologieën die kunnen worden ingezet voor de verduurzaming van de transportsector, zoals biogas, synthetische brandstoffen, elektrische auto's en waterstofauto's. In de meest recente energiescenario's van Shell stijgt de vraag naar biobrandstoffen naar 5,5-8,6 EJ (67-260% toename t.o.v. huidige marktgrootte) in 2030 en 10,2-14,2 EJ in 2050 (309-430% toename t.o.v. huidige marktgrootte)<sup>178</sup>. Deze vraag moet tegen die tijd volledig worden voldaan door geavanceerde biobrandstoffen, want er is internationale consensus dat het voortzetten van het gebruik van eerste generatie biobrandstoffen op lange termijn niet wenselijk is. Kortom, de potentiële marktomvang is enorm, maar de onzekerheid van de ontwikkelingssnelheid van concurrerende technologieën en beleidstrends maakt dat deze indicator de score 0 krijgt.

<sup>173</sup> Biobased Press (2015) URL: <https://www.biobasedpress.eu/2015/09/genetic-modification-widening-gap-between-public-perception-and-industrial-reality/> Laatste geraadpleegd op: 28-08-2017

<sup>174</sup> Esland B.H.M. & Turnhout E. (2009). Burgers, beleid en natuur: tussen draagvlak en betrokkenheid.

<sup>175</sup> Rathenau Instituut (2016) Algae oil on trial - Conflicting views of technology and nature. & Rathenau Instituut (2012) Synthetische biologie vereist samenspraak.

<sup>176</sup> IEA (2017) URL: <https://www.iea.org/etp/tracking2017/transportbiofuels/> Laatste geraadpleegd 28-08-2017

<sup>177</sup> IRENA (2014) Global Bioenergy - Supply and demand projections.

<sup>178</sup> Shell (2013) New Lens scenarios - A shift in perspective for a world in transition.

## Internationale concurrentie

### Indicator 11 - Bestaande internationale concurrentie

Score: 0

Hoewel de scope van het onderzoek van RVO naar de grootte van de biobased economy in Nederland wat breder is dan de scope van deze fiche, geeft deze studie een inzicht in de positie van Nederland ten opzichte van Europese concurrenten. Qua absoluut volume in omzet staat de biobased sector in Nederland internationaal op plaats 10 en qua werkgelegenheid op plaats 14<sup>179</sup>. Als je dit om zou zetten naar een relatieve bijdrage aan de totale omzet in het land, dan zou Nederland in de top vier van landen waar de biobased sector het meest bijdraagt aan het bruto nationaal product.

Nederland is wereldwijd geen koploper in de productie van biobrandstoffen als het om volumes gaat. Echter, als het gaat om geavanceerde biobrandstoffen, zoals biobrandstoffen uit ligno-cellulose of biobrandstoffen geproduceerd uit algen speelt Nederland een rol van betekenis, met name door de productie van gehydrogeerde plantaardige oliën en biomethanol<sup>180</sup>. Qua absolute grootte van de biobased economy, zijn Duitsland, Italië en Frankrijk de belangrijkste concurrenten binnen Europa. Als we specifiek inzoomen op geavanceerde biobrandstoffen zijn binnen Europa met name Italië, Spanje en Frankrijk op het moment belangrijke spelers<sup>181</sup>. Op internationaal niveau is er onder andere concurrentie van de VS en Brazilië, die inmiddels de eerste gecommercialiseerde productiefaciliteiten hebben gerealiseerd<sup>182</sup>. Voor bioraffinage zijn dergelijke vergelijkende statistieken helaas nog niet beschikbaar en hetzelfde geldt voor artificiële fotosynthese.

Samengevat lijkt Nederland internationaal een redelijke uitgangspositie te hebben maar zijn er relatief veel concurrenten aanwezig met vergelijkbare uitgangsposities en kansen. Daarom scoort Nederland hier neutraal, ofwel 0.

### Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling

Score: 0

Nederland verhoogt net als andere Europese landen de jaarlijkse bijmengingsverplichting voor biobrandstoffen om de doelstelling uit de Renewable Energy Directive, van 10% duurzame transportbrandstoffen in 2020 kan worden gehaald. Op korte termijn zijn de gestelde bijmengingspercentages die Nederland zich ten doel stelt lager dan die van een aantal andere EU landen<sup>183</sup>. Vooral Scandinavische landen hebben zichzelf hoge doelen gesteld voor biobrandstof, ook op de lange termijn, mede vanwege hun grote potentie om biobrandstoffen te produceren uit hout. Op het gebied van 3<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen en artificiële fotosynthese zijn er in het buitenland echter geen ontwikkelingen die verder gaan dan die in Nederland. Kortom, Nederland loopt niet voor als het gaat om plannen voor opschaling voor biobrandstofproductie, maar plannen in het buitenland zijn niet zo veelomvattend en bedreigend dat Nederland nu erg achter dreigt te gaan lopen, vandaar de score 0.

<sup>179</sup> RVO (2017) Monitoring biobased economy in Nederland 2016.

<sup>180</sup> USDA (2016) EU28 Biofuels annual - EU Biofuels annual 2016.

<sup>181</sup> *Ibid.*

<sup>182</sup> World Bioenergy Association (2015) WBA fact sheet advanced biofuels.

<sup>183</sup> USDA (2016) Biofuel Mandates in the EU by Member State - 2016

# Fiche 7: Elektrische transportinfrastructuur voor de residentiële markt

## Wat is het?

### Definities

Deze fiche zal ingaan op het verdienpotentieel van de transportinfrastructuur (en randvoorwaarden) die nodig zijn om het residentieel wegverkeer elektrisch te verduurzamen en de synergiën die kunnen ontstaan door deze infrastructuur te combineren met bv. energieopslag. Bij nieuwe transportinfrastructuur voor particulieren kan gedacht worden aan een netwerk van (snel)laders voor het laden van elektrische auto's, het voorzien van voldoende parking met laders, voorkeursbanen voor elektrische auto's op de openbare weg, lokale energieopslag voor gezinnen die zonnepanelen plaatsen voor hun elektrische auto, etc.

	Modulair	Systeem
Incrementeel	- Individuele oplaadpalen elektrisch vervoer	- Integrale oplaadoplossingen elektrisch vervoer op lokaal, regionaal en nationaal niveau
Radicaal	- Totaalconcepten (apps) voor optimaliseren individueel (elektrisch) vervoer van A naar B die rekening houden met beschikbare oplaadcapaciteiten en tijden	- Systeem waarbij de elektrische auto's gestimuleerd wordt door de overheid (niet alleen fiscaal maar ook naar infrastructuur toe) met implicaties op het vlak van weg- en energieinfrastructuur

### Scope

De focus van deze fiche ligt op het elektrificatie van het residentieel wegvervoer, waarbij de scope in lijn is met de ambities in de Green Deal elektrisch transport en het bredere Nederlandse beleid rondom de verduurzaming van personenautovloot. In de Green Deal heeft Nederland zich tot doel gesteld dat in 2020 ten minste de helft van de auto's die verkocht worden elektrisch aangedreven zijn en een stekker hebben, waarvan 30% volledig elektrisch moet zijn<sup>184</sup>.

De technologie voor de elektrische auto's sterk ontwikkelt zich razendsnel (beter presterende en goedkopere batterijen die ervoor zorgen dat na 2020 de meeste nieuwe elektrische auto's een rijbereik zullen hebben van  $\geq 500$  km), hetgeen ook gevolgen heeft voor de benodigde infrastructuur. Meer huishoudens zullen hun auto thuis willen opladen bij gebrek aan publieke oplaadpunten, maar vooral omdat het goedkoper is (7.5 MWp aan zonnepanelen - voldoende voor een gezin van vijf met elektrische auto - kost vandaag reeds minder dan €10.000). Gevolg is dat onze energie-infrastructuur daaraan moet worden aangepast. Zeker wanneer die zonnepanelen overdag elektriciteit opwekken maar de auto's 's nachts worden opgeladen).

Verder zal gekeken worden naar de benodigde technologieën voor laadinfrastructuur. De innovatieve stappen die gezet moeten worden liggen met name in het combineren van energieopslagsystemen voor het balanceren van fluctuerende elektriciteitsproductie en het gebruik (afhankelijk van de laadinfrastructuur). Echter, aangezien het verdienpotentieel van energieopslagsystemen al uitgebreid

<sup>184</sup> C-198 Electric Transport Green Deal 2016-2020. URL: <http://www.greendeals.nl/wp-content/uploads/2016/04/Green-Deal-Electric-Transport-2016-2020.pdf>

aan bod is gekomen in fiche 1 (cf. systeemintegratie en energieopslag), zal het verdienpotentieel van deze systemen in deze fiche niet aan bod komen. Hetzelfde geldt voor het gebruik van elektrische voertuigen ten behoeve van het balanceren van het elektriciteitsnet, de zogeheten vehicle-to-grid (V2G) strategie. Er zal daarentegen wel aandacht worden besteed aan de samenhang tussen (lokale) energieopslag en de laadpunten voor elektrische voertuigen.

### Verantwoording

De verantwoording om meer en meer gezinnen te laten overschakelen op elektrisch vervoer ligt voor de hand daar personenauto's voor circa 10% bijdragen aan de totale uitstoot van CO<sub>2</sub> in Nederland. In heel wat Nederlandse steden is reeds een goede aanzet gegeven om een minimaal aantal laadpunten te voorzien. Echter, indien we beogen op grote schaal over te schakelen naar elektrisch vervoer zoals wordt voorgenomen in de Green Deal elektrisch vervoer, dient er nog veel te gebeuren.

Om de capaciteit te kunnen garanderen die bij een sterke toename van het gebruik van elektrische auto's nodig zal zijn, ligt het gebruik van energieopslag (zeker waar heel wat laadpunten geconcentreerd zijn) voor de hand. Dit biedt kansen voor multifunctionele benutting van energieopslagsystemen, zodat deze enerzijds een rol spelen in het balanceren van het elektriciteitsnetwerk, maar ook kunnen worden gebruikt voor de energievoorziening van elektrische auto's. In veel landen staat de ontwikkeling van dergelijke infrastructuur nog in de kinderschoenen en dit biedt dus kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven uitrol van laadinfrastructuur in het buitenland bij te dragen en deze systemen verder te innoveren.

### TRL fase waarin de innovatie zich bevindt

De technologie voor het laden van elektrische auto's is al ver ontwikkeld en wordt op grote schaal commercieel toegepast (TRL 9). Op het gebied van snelladers zijn er echter nog wel innovaties gaande en hetzelfde geldt voor het ontwikkelen van draadloze oplaadtechnieken die gebruik maken van inductie. Op het gebied van integratie van de laadinfrastructuur met energieopslag zijn innovaties in batterij technologieën en eventueel andere opslagtechnologieën van groot belang. Hoewel de lithium batterij een gecommmercialiseerde technologie is, zijn er veel innovatieve batterijtechnologieën in opkomst die mogelijk het aantal laadcycli, de energiec capaciteit per gewichtseenheid kunnen verbeteren en de kosten omlaag kunnen brengen.

## Maatschappelijke bijdrage

Personenauto's zijn in Nederland goed voor zo'n 10,4% van de nationale CO<sub>2</sub>-emissies, dus het CO<sub>2</sub>-arm maken van deze sector is een belangrijk onderdeel van de CO<sub>2</sub>-reductieopgave. De overschakeling van fossiele brandstoffen naar elektrische auto's zijn hierin essentieel. De laatste paar jaren wordt elektrisch vervoer steeds meer gezien als het belangrijkste duurzame alternatief in het personenvervoer.

Naast de noodzaak van elektrisch vervoer voor het reduceren van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, heeft de elektrificatie van wegverkeer ook grote voordelen voor de luchtkwaliteit. Een flink aantal Nederlandse steden kampt met een lage luchtkwaliteit en sommige voldoen zelfs niet aan de Europese normen voor luchtkwaliteit. Wegverkeer is een van de belangrijkste bronnen van luchtvervuiling in steden, door uitstoot van fijnstof en NO<sub>x</sub>. Elektrisch aangedreven voertuigen hebben deze uitstoot niet en kunnen



dus een substantiële bijdrage leveren aan een schonere lucht en daarmee een betere kwaliteit van leven in de steden.

## Beleid

De Nederlands stimuleert sinds 2011 de overgang naar elektrisch personenvervoer. Vandaag de dag gelden er verschillende belastingvoordelen voor elektrische en (plug-in) hybride voertuigen, zo hoeft voor elektrische voertuigen geen BPM en geen motorrijtuigenbelasting betaald te worden en voor auto's met een uitstoot van 0-50 g CO<sub>2</sub>/km geldt een halftarief voor de motorrijtuigenbelasting<sup>185</sup>. Daarnaast kunnen bedrijven een gedeelte van de investering in een elektrisch aangedreven voertuig van de belasting aftrekken via de milieu-investeringsaftrek (MIA)<sup>186</sup>. Tot 2013 was elektrisch vervoer voor zakelijk gebruik nog aantrekkelijker, doordat bovenop het belastingvoordeel via de MIA ook nog aftrek via de Vervroegde afschrijving van milieu-investeringen (VAMIL) en kleinschalige investeringsaftrek (KIA) mogelijk waren<sup>187</sup>. Verder bestaan er in verschillende Nederlandse gemeenten subsidies voor de aanschaf van elektrisch aangedreven voertuigen of het plaatsen van laadpunten. Door al deze stimuleringsmaatregelen heeft Nederland nu een vloot van bijna 120.000 elektrisch aangedreven voertuigen (BEVs en PHEVs)<sup>188</sup>.

Het plaatsen van publieke laadpunten en semipublieke laadpunten wordt in Nederland op lokaal niveau geregeld. Gemeenten en provincies kunnen zelf bepalen hoe ze de toepassing van laadpunten in hun regio willen stimuleren en reguleren. Om het plaatsen van laadpunten langs de snelweg te toe te staan is in 2012 de wet -en regelgeving aangaande verzorgingsplaatsen langs Nederlandse snelwegen (tankstations en servicestations) aangepast<sup>189</sup>.

## Bestaande situatie

### Indicator 1 - Relevante fases in waardeketen

Score: +

De transitie naar elektrisch vervoer in Nederland en specifiek het ontwikkelen van de daarvoor benodigde infrastructuur, bevinden zich voornamelijk in de implementatiefase en dus minder in de onderzoeks- en productiefase. De productie van laadtechnologieën voor elektrisch vervoer vindt vooral in het buitenland plaats, met name in de Verenigde Staten. In Nederland wordt nu veelal verdiend aan de implementatie van elektrisch vervoer, oftewel de uitrol van laadpunten en het onderhoud daarvan. De technologieën zijn dus wel al in een uitontwikkeld stadium, wat deze indicator de score + oplevert.

### Indicator 2 - Betrokken organisaties in Nederland

Score: +

In Nederland is een relatief groot aantal organisaties betrokken bij de uitrol van elektrisch vervoer. In de Green Deal elektrisch vervoer 2016-2020 heeft een breed scala aan organisaties, bestaande uit belangenorganisaties en bedrijven zijn intentie uitgesproken om een bijdrage te leveren aan de

<sup>185</sup> RVO (2017) URL: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/2-elektrisch-rijden/aan-de-slag/financi%C3%A4le-ondersteuning-elektrisch-rijden> Laatst geraadpleegd op 28-08-2017

<sup>186</sup> *Ibid.*

<sup>187</sup> Algemene rekenkamer (2017) URL: <https://verantwoordingsonderzoek.rekenkamer.nl/2014/ienm/beleidsinformatie/rijk-kijkt-onvoldoende-naar-alternatieven-voor-dure-fiscale-stimulering> Laatst geraadpleegd 29-08-2017

<sup>188</sup> RVO (2017) Cijfers elektrisch Vervoer. URL: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers> Laatst geraadpleegd 29-08-2017

<sup>189</sup> Kwink Groep (2016) Terugblik en vooruitblik op het beleid voor elektrisch vervoer - Een analyse van het 'Plan van aanpak: Elektrisch rijden in de versnelling'

transitie naar elektrisch vervoer<sup>190</sup>. De toonaangevende producent van elektrische auto's, Tesla, zag het momentum in Nederland dan ook als aanleiding om de enige Europese assemblagefaciliteit van Tesla in Nederland te vestigen. Samengevat lijkt de institutionele kant van het innovatiesysteem in Nederland goed gepositioneerd om de elektrificatie in de transportsector te ondersteunen. Vandaar de score +.

### Indicator 3 - Huidige marktomvang

Score: 0

Nederland heeft een relatief grote vloot aan elektrisch aangedreven voertuigen. In 2015 had 7% van de verkochte auto's een elektrische oplaadconnector, waarvan 6,7% plug-in hybride (PHEV) voertuigen betrof en 0,3% volledige elektrische batterijvoertuigen (BEVs). In augustus 2017 is de totale omvang van de vloot elektrisch aangedreven personenauto's en bedrijfsvoertuigen 119.163 waarvan 83% PHEV personenauto's en 8,3% BEV personenauto's<sup>191</sup>. De grote vlucht in de verkoop van elektrisch aangedreven auto's heeft ook geleid tot een grootschalige uitrol van laadpunten. Er zijn nu over de 105.000 laadpunten in Nederland, waarvan ongeveer 70% privé laadpunten, 14% publieke laadpunten en 15% semipublieke laadpunten. Daarnaast zijn er 672 snellaadpunten op 172 verschillende locaties

De elektrische transportsector als geheel maakt een snelle groei door. In 2014 was de omzet in deze sector met 25% gestegen t.o.v. het jaar ervoor naar € 820 mln. en de toegevoegde waarde was € 260 mln<sup>192</sup>. Productie en export van laadapparatuur heeft leverde in 2014 € 130 mln. op, een groei van 63% t.o.v. 2013<sup>193</sup>. Al met al is de toegevoegde waarde van elektrisch vervoer in de Nederlandse economie nog beperkt, maar de onderliggende sectoren zijn van substantieel belang voor de Nederlandse economie. Al met al levert dit de score 0 op.

### Indicator 4 - Werkgelegenheid

Score: 0

De elektrische transportsector als geheel waren in 2014 zo'n 3.200 mensen werkzaam. In de elektrische apparatenindustrie, waar laadtechnologieën, bekabeling en energieopslagsystemen onderdeel van uitmaken waren in 2015 21.200 personen werkzaam, waarvan 2.400 personen in de elektrische kabel- en schakelaarindustrie<sup>194</sup>. Tussen 2013 en 2014 is het aantal banen dat direct gerelateerd is aan de elektrische laadinfrastructuur gestegen van 450 naar 750 voltijds banen<sup>195</sup>. Concluderend is het aantal banen in Nederland op het gebied van alternatief vervoer nog beperkt, met een focus aan de kant van implementatie en dienstverlening. Deze indicator ontvangt daarom de score 0.

## Potentieel voor opschaling

### Indicator 5 - Benodigde kennis voor uitbouw

Score: 0

De beschikbare kennis en expertise op het gebied van laadinfrastructuur en slimme systeemintegratie van elektrisch aangedreven voertuigen met (huishoudelijke) energieopslag varieert sterk in de verschillende fases van de waardeketen. Zo heeft Nederland inmiddels een geruime praktijkervaring in de toepassing van laadpunten in verschillende contexten. Deze expertise kan Nederland gebruiken om de uitrol van laadpunten verder te stroomlijnen, kosteneffectiever en onderhoudsruimer te maken. Op het gebied van de ontwikkeling en productie van hardware die voor de laadpunten spelen Nederlandse

<sup>190</sup> C-198 Electric Transport Green Deal 2016-2020. URL: <http://www.greendeals.nl/wp-content/uploads/2016/04/Green-Deal-Electric-Transport-2016-2020.pdf>

<sup>191</sup> RVO (2017) Cijfers elektrisch Vervoer. URL: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers> Laatst geraadpleegd 29-08-2017

<sup>192</sup> EZ (2017) Vision on the charging infrastructure for electric transport - Policy agenda looking ahead to 2020.

<sup>193</sup> RVO (2015) Verzilpering verdienpotentieel Elektrisch Vervoer - Stand van zaken medio 2015.

<sup>194</sup> CBS (2017) CBS Statline- Bedrijfsleven; arbeids- en financiële gegevens, per branche, SBI 2008.

<sup>195</sup> RVO (2015) Verzilpering verdienpotentieel Elektrisch Vervoer - Stand van zaken medio 2015.

bedrijven een rol, maar bekleedt Nederland internationaal geen voorloperpositie. Zo zijn de kennisvelden en bedrijfstakken op het gebied van elektrotechniek in Nederland minder sterk in vergelijking tot andere landen.

Waar echter wel kansen voor Nederland liggen is op het gebied van de benodigde ICT. Auto's worden steeds meer gedigitaliseerd en dit zal alleen nog maar toenemen met steeds verder gaande automatisering van voertuigen. Ook de laadpalen zelf en de bijbehorende energieopslagsystemen zijn sterk gedigitaliseerd. Nederland heeft een relatief sterke ICT-sector die de laatste jaren een sterke groei laat zien. Dus in het ontwikkelen van ICT-oplossingen voor elektrische voertuigen en de daarvoor benodigde laad- en energieopslagtechnologieën lijkt voor Nederland verdienpotentieel te liggen.

Verder zal er sterk geïnvesteerd worden in de toepassing van PV in huishoudens met de bedoeling in eigen elektriciteitsopwekking te voorzien in combinatie met een laadpunt voor de auto. De kennis hiervoor in huis maar het aantal installateurs (en elektriciens) met de nodige kennis is onvoldoende. Hiervoor zullen dus opleidingscentra moeten worden opgericht.

Samenvattend kan gesteld worden dat in sommige delen van de waardeketen Nederland een sterke kennisbasis en expertise heeft, terwijl deze op andere terreinen slechts in beperkte mate aanwezig is. Dit levert deze indicator de score 0 op.

#### Indicator 6 - Randvoorwaarden voor opschaling

Score: 0

##### **Randvoorwaarde 1: Bestaande infrastructuur**

Een belangrijke voorwaarde voor het opschalen van het netwerk van laadpunten is de bestaande (elektrische) infrastructuur. Laadpunten leveren vaak een behoorlijk elektrisch vermogen (bij snelladers momenteel tot 120 kW), waardoor bij toepassing van grote hoeveelheden laadpunten mogelijk verzwaringen in het elektriciteitsnetwerk noodzakelijk zijn. Nederland is al druk bezig met het toekomstbestendig maken van zijn nationale en regionale elektriciteitsnetwerken, dus deze randvoorwaarde lijkt niet problematisch te zijn voor verdere uitrol van laadpunten voor elektrisch vervoer.

##### **Randvoorwaarde 2: Beschikbaarheid hernieuwbare elektriciteit**

Voor een duurzame transitie naar elektrisch vervoer is het van belang dat het aanbod van hernieuwbare elektriciteit drastisch toeneemt. Nederland loopt in vergelijking tot andere EU-lidstaten al enigszins achter qua aandeel van hernieuwbare bronnen in de elektriciteitsmix. Echter, bij volledige elektrificatie van het personenvervoer zou zonder verdere efficiëntieverbeteringen de elektriciteitsvraag verdubbelen. Dit betekent dat grootschalige toepassing van hernieuwbare bronnen voor elektriciteitsproductie essentieel is.

##### **Randvoorwaarde 3: Goedkopere en betere batterijen**

Hoewel over het algemeen verwacht wordt dat ergens in het begin van de jaren 20 van deze eeuw elektrische auto's competitief zullen zijn met fossiel aangedreven auto's, is deze ontwikkeling wel afhankelijk van een doorbraak in batterijtechnologie. Momenteel zijn batterijen nog een zeer groot onderdeel van de kostprijs van een elektrische auto en deze hoge prijs maakt dat elektrische auto's vandaag de dag duurder zijn dan auto's met een verbrandingsmotor. Om met fossiel aangedreven auto's te kunnen concurreren qua aanschafprijs, is een kostenverlaging in batterijtechnologie dus van groot belang. Daarnaast kunnen technische verbeteringen in batterijtechnologie zoals een hogere

energiedichtheid per gewichtseenheid en volume en een langere levensduur de aantrekkelijkheid van elektrische auto's vergroten. De verwachting is echter wel dat er op relatief korte termijn nieuwe batterij technologieën zullen doorbreken. Zo zijn er een brede verscheidenheid aan innovatieve technologieën die nu ontwikkeld wordt, van verbeterde versies van de lithium-ion batterijen tot compleet nieuwe concepten, die i.p.v. lithium gebruik maken van natrium, calcium of magnesium. Daarnaast wordt er enorm geïnvesteerd in innovatieve batterijtechnologieën, niet alleen door de autoindustrie, maar ook door producenten van consumentenelektronica, die behoefte hebben aan betere batterijen voor o.a. laptops, tablets en smartphones.

Al met al lijken nog niet alle randvoorwaarden voor grootschalige elektrificatie van de transportsector aanwezig, maar de randvoorwaarden zijn in Nederland niet in mindere mate aanwezig dan in concurrerende landen. De score 0 is daarom gerechtvaardigd.

#### Indicator 7 - Knelpunten bij opschaling

Score: 0

##### Knelpunt 1: Balanceren elektriciteitsvraag bij grootschalig opladen

Een grootschalige overstap naar elektrisch vervoer zorgt voor uitdagingen wat betreft het balanceren van de elektriciteitsvraag en het garanderen van voldoende aanbod, want als iedereen tegelijk wil gaan laden kunnen er enorme pieken ontstaan in de elektriciteitsvraag. Het is daarom van belang dat er systemen ontwikkeld die de timing van het laden van elektrische auto's kunnen coördineren en er voldoende buffercapaciteit (energieopslag) in het elektriciteitsnet of in huishoudens aanwezig is.

##### Knelpunt 2: Parkeerruimte in steden

In veel steden groeit de bevolking en neemt de druk op de openbare ruimte toe. Daarom nemen veel steden maatregelen om auto's steeds meer uit de stad te weren, zodat er meer plaats komt voor groen en ruimte voor fietsers en wandelaars. Deze trend is echter moeilijk te verenigen met het grootschalige plaatsing van laadpunten bij parkeerplaatsen in woonwijken en stadscentra. Er zal daarom gezocht moeten worden aan slimme oplossingen die het gebruik van elektrische voertuigen niet ontmoedigen, maar tegelijkertijd niet te veel beslag leggen op de openbare ruimte.

Als de bovengenoemde uitdagingen op geïntegreerde wijze worden meegenomen in het energietransitiebeleid, zijn deze knelpunten oplosbaar en hoeven ze verdere opschaling van de laadinfrastructuur niet in de weg te staan. Vandaar de score 0.

#### Indicator 8 - Verwacht draagvlak

Score: +

Er is in Nederland een breed maatschappelijk draagvlak aanwezig voor elektrisch vervoer. Zo geeft 30% van de mensen de voorkeur aan een relatief hogere aanschafprijs van een elektrische auto en lage variabele kosten t.o.v. een benzine -of dieselauto's met een lagere aanschafprijs en hogere brandstofkosten, tegenover 11% die aan het laatste de voorkeur geeft<sup>196</sup>. Een groot deel van de Nederlanders leeft in de nabijheid van laadpunten, maar deze worden maar in zeer beperkte mate als hinderlijk ervaren<sup>197</sup>. Er zijn nog wel zorgen over de duurzaamheid wat betreft de productie van elektrische auto's in verband met het gebruik van schaarse materialen. Het is echter aannemelijk dat toekomstige technologische ontwikkelingen in batterijtechnologie deze problematiek zullen verminderen. Samengevat kunnen we concluderen dat het maatschappelijk draagvlak in Nederland bijdraagt aan een snelle transitie naar elektrisch vervoer, hetgeen de score + oplevert.

<sup>196</sup> Motivaction (2016) Energievoorziening 2015-2050: publieksonderzoek naar draagvlak voor verduurzaming van energie.

<sup>197</sup> *Ibid.*

#### Indicator 9 - Fasen in waardeketen waar uitbouw mogelijk lijkt

Score: 0

Gezien de capaciteiten van Nederland en de relatieve volwassenheid van de technologieën voor het laden van elektrisch aangedreven personenauto's, lijkt er vooral verdere uitbouw mogelijk op het gebied van verkoop en dienstverlening, hetgeen deze indicator de score 0 oplevert.

#### Indicator 10 - Potentiële marktgrootte

Score: +

De markt voor laadinfrastructuur voor elektrisch vervoer in combinatie met energieopslag is potentieel erg groot aangezien verwacht wordt dat de volledige markt voor personenauto's zal overschakelen naar elektrische aandrijving. In een recent onderzoek van ING wordt voorspeld dat rond 2024 volledig elektrische auto's competitief zullen zijn met auto's met verbrandingsmotoren en dat rond 2030 alle auto's die verkocht worden volledig elektrisch zullen zijn. Dit betekent dat de markt voor elektrische auto's nog enorm gaat groeien, binnen Nederland maar ook in buurlanden en daarmee is ook verdere versterking van het netwerk van laadpunten vereist. Echter, innovaties in batterijtechnologie die zorgen voor een groter rijbereik zullen de behoefte aan publieke laadpunten doen verminderen. Er zal wel vraag blijven naar privé laadpunten. Als Nederland goede oplossingen ontwikkelt voor de laadinfrastructuur, kunnen deze ook geëxporteerd worden naar het buitenland, waar netwerken van laadpunten vaak nog in de kinderschoenen staan. Ook het Nederlandse beleid zet sterk in op elektrificatie van de transportsector. Samen leveren de bovengenoemde overwegingen de score + op.

## Internationale concurrentie

#### Indicator 11 - Bestaande internationale concurrentie

Score: +

Op het gebied van marktpenetratie van elektrische voertuigen is Noorwegen koploper in Europa. In 2013 was bestond al in 8,3% van de autoverkoop daar uit elektrische voertuigen terwijl dat in Nederland toen nog 4,2 % was en het relatieve aandeel daarvan dat volledig elektrisch is was ook hoger dan in Nederland<sup>198</sup>. Een aantal Noorse steden hebben ook een hogere dichtheid aan laadpunten dan steden in Nederland, maar verder behoort Nederland qua elektrische laadinfrastructuur tot de koplopers. Buiten Europa zijn China en de VS (met name de staat Californië) de belangrijkste spelers op het gebied van elektrisch vervoer, en heeft China de VS ingehaald wat betreft het totaal aantal elektrisch aangedreven voertuigen op de weg<sup>199</sup>. Echter, het relatieve aandeel van elektrisch aangedreven voertuigen in de totale autoverkoop ligt in China en de VS nog aanzienlijk lager dan in Nederland en Noorwegen. Nederland behoort internationaal dus duidelijk tot de koplopers op het gebied van infrastructuur voor elektrisch transport, hetgeen de score + oplevert.

#### Indicator 12 - Plannen bij internationale concurrenten voor opschaling

Score: +

Binnen Europa is Noorwegen duidelijk koploper op het gebied van elektrisch vervoer. Zo biedt het land verregaande financiële voordelen bij de aanschaf van elektrische voertuigen. Daarnaast bestaan er andere voordelen voor elektrische rijders zoals of de mogelijkheid voor elektrische auto's om gebruik te maken van busbanen en gratis parkeerplaatsen<sup>200</sup>. Daarnaast heeft Noorwegen besloten dat vanaf alle voertuigen die vanaf 2025 verkocht worden emissieloze of lage emissievoertuigen (plug-in hybrids) moeten zijn. Ook in Azië zijn een aantal belangrijke spelers op het gebied van elektrisch vervoer

<sup>198</sup> McKinsey (2014) EVolution - Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?

<sup>199</sup> IEA (2017) Global EV outlook 2017 - 2 million and counting.

<sup>200</sup> Norsk elbilforening (2017) URL: <http://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/> Laatst geraadpleegd op 30-08-2017

aanwezig, dit zijn met name Singapore en China<sup>201</sup>. Deze landen spelen lopen met name voor in het ontwikkelen van nieuwe mobiliteitsconcepten en het ontwikkelen en testen van autonome voertuigen. In Nederland is in 2016 een motie met om een doelstelling in te voeren die vergelijkbaar is met de Noorse ambities, namelijk om vanaf 2025 alleen nog verkoop van emissieloze auto's toe te staan<sup>202</sup>. Het is echter discutabel in hoeverre dit haalbaar is, aangezien emissieloos betekent dat hybrides dan ook uitgesloten zijn. Daarnaast heeft Nederland zich in de Green Deal elektrisch transport tot doel gesteld dat in 2020 ten minste de helft van de autoverkopen elektrisch aangedreven auto's met een stekker zijn, waarvan 30% volledig elektrisch moet zijn<sup>203</sup>. Ook streeft de Green deal ernaar om gebruikte elektrische voertuigen en hybrides uit leasecontracten zoveel mogelijk te behouden voor de consumentenmarkt, zodat het aandeel van elektrische voertuigen in de gehele markt toeneemt. Toch zijn Nederland en Noorwegen op dit moment internationaal koplopers wat betreft hun opschalingsplannen voor elektrisch vervoer, dus vandaar de score + voor deze indicator.

---

<sup>201</sup> Roland Berger (2017) Automotive Disruption Radar - Issue #1.

<sup>202</sup> NRC (2016) URL: <https://www.nrc.nl/nieuws/2016/03/29/tweede-kamer-neemt-omstreden-motie-over-elektrische-autos-aan-a1408296> Laatst geraadpleegd op 30-08-2017

<sup>203</sup> C-198 Electric Transport Green Deal 2016-2020. URL: <http://www.greendeals.nl/wp-content/uploads/2016/04/Green-Deal-Electric-Transport-2016-2020.pdf>



Trinomics B.V.  
Westersingel 32A  
3014 GS Rotterdam  
Nederland

T +31 (0) 10 3414 592  
[www.trinomics.eu](http://www.trinomics.eu)

KvK n° : 56028016  
BTW n° : NL8519.48.662.B01

