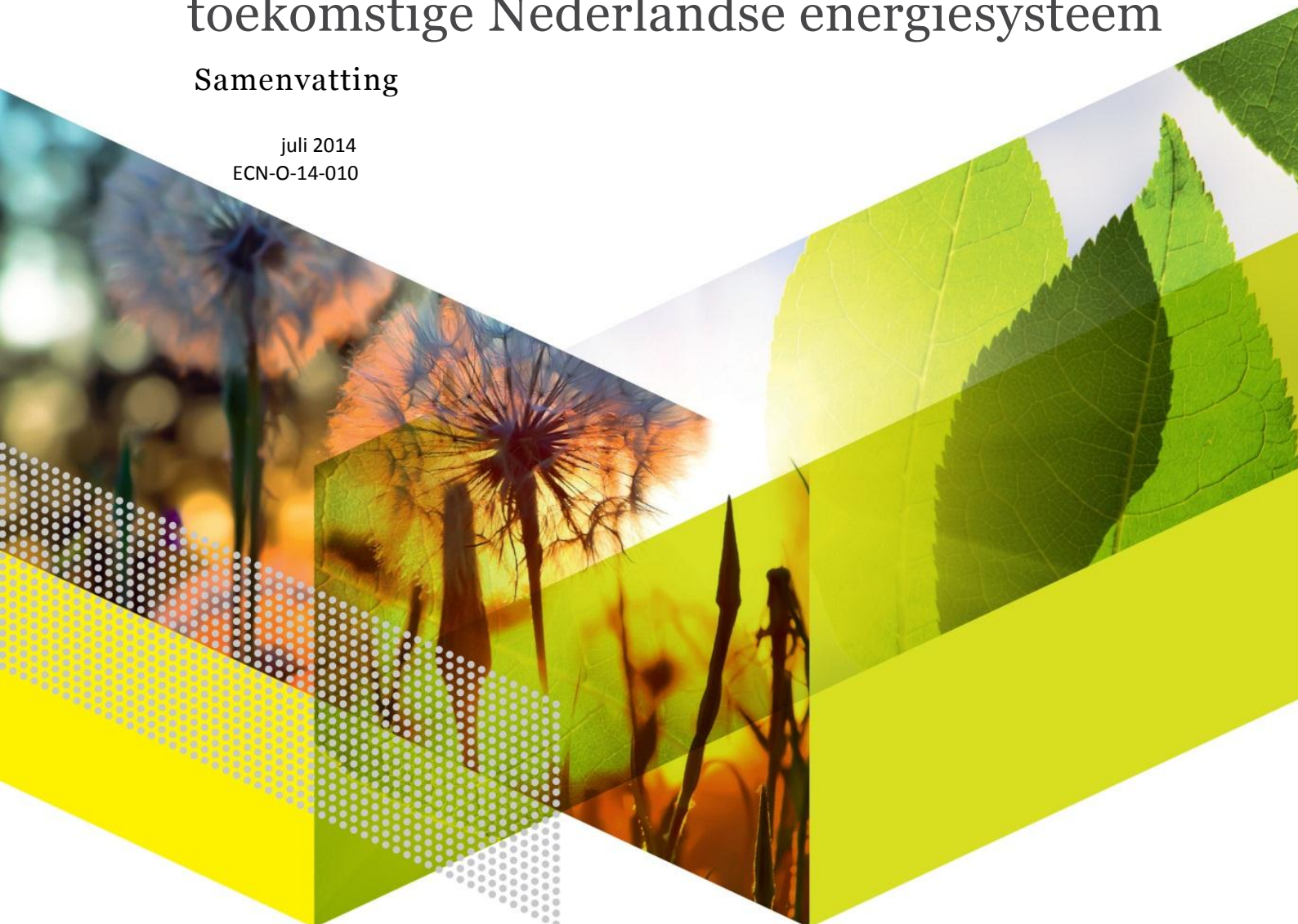


# De rol van power-to-gas in het toekomstige Nederlandse energiesysteem

## Samenvatting

juli 2014  
ECN-O-14-010



Auteur: Joode, J. de

ECN Beleidsstudies  
Postbus 1  
1755 ZG Petten

T: +31 88 515 8250  
dejoode@ecn.nl

[ecn.nl](http://ecn.nl)

### Abstract

Dit document bevat een samenvatting van het door de TKI Gas gefinancierde onderzoek naar de mogelijke toekomstige rol van Power-to-Gas in het Nederlandse energiesysteem. Deze samenvatting beschrijft de hoofdconclusies, de gehanteerde aanpak en belangrijkste aannames, en de aanbevelingen volgend uit dit onderzoek.

## Hoofdconclusies

Vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereductie is de belangrijkste driver voor P2G

Ook vergeleken met andere opslag?  
P2H vs P2G vs P2P?

Flexibiliteit alleen is onvoldoende driver voor P2G

### 1. P2G speelt een robuuste rol in het toekomstige Nederlandse energiesysteem als onderdeel van een technologiemix die vergaande reductie van CO<sub>2</sub>-emissies mogelijk maakt via vergaande implementatie van wind- en zonne-energie

Wind- en zonne-energie zijn in het algemeen de twee meest overvloedig beschikbare duurzame energiebronnen. Onder invloed van de steeds scherpere doelstellingen voor reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en gegeven de grote onzekerheden rondom alternatieve CO<sub>2</sub>-reductie opties als het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Storage*, CCS) en biomassa zal er een groeiende behoefte ontstaan aan de conversie van elektriciteit naar een gasvormige energiedrager (i.e. P2G).<sup>1</sup> P2G faciliteert namelijk het gebruik van hernieuwbare elektriciteit<sup>2</sup> in de vorm van een andere energiedrager (waterstof, synthetisch methaan) in andere delen van het energiesysteem. Bijvoorbeeld in die delen van het energiesysteem die traditioneel afhankelijk zijn van fossiele energiedragers.<sup>3</sup> P2G kan om deze reden dan ook als schakeltechnologie worden gezien. P2G blijft deze rol ook spelen in alternatieve toekomstscenario's<sup>4</sup>. P2G kan derhalve worden beschouwd als een robuust onderdeel van de mix van energietechnologieopties die nodig zijn om de scherpere CO<sub>2</sub>-doelstellingen (minus 80% tot 95% in 2050) te halen tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten. Afhankelijk van het gehanteerde toekomstscenario kan de bijdrage van P2G in het systeem variëren van ca. 2 tot 20 GW<sub>e</sub>, waarbij vooral de inzet van biomassa en CCS in het systeem van bepalende invloed is.

### 2. P2G kan een bijdrage leveren aan het voorzien in de flexibiliteit die nodig is als gevolg van de inpassing van variabele duurzame energiebronnen als wind en zon, maar het is niet de eerste optie die op basis van de laagste maatschappelijke kosten wordt ingezet

Voor het behalen van vergaande reductie van CO<sub>2</sub>-emissies is een grootschalige integratie van een duurzame elektriciteit uit wind- en zonne-energie in ons energiesysteem nodig. Dit leidt impliciet tot een toenemende behoefte aan flexibiliteit in het *elektriciteit*ssysteem. Het systeem moet voldoende mogelijkheden hebben om de wisselende bijdrage uit wind- en zonne-energie gedurende het jaar te accommoderen gegeven de variatie in de vraag naar energie. Elektrolyse kan hierbij een oplossing bieden door elektriciteit om te zetten in waterstof of methaan. De behoefte aan flexibiliteit alleen is echter onvoldoende voor een positieve P2G *business case*. De benodigde flexibiliteit kan namelijk ook geleverd worden door een mix van alternatieve flexibiliteitsopties. Hierbij zijn aspecten als kosten, flexibele

<sup>1</sup> Dit omvat zowel de omzetting van elektriciteit naar waterstof (H<sub>2</sub>) als de verdere combinatie van waterstof met een koolstofbron (bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>, of biomassakoolstof) naar methaan (CH<sub>4</sub>, oftewel: synthetisch aardgas of 'syngas').

<sup>2</sup> P2G zou ook de conversie van conventioneel geproduceerde elektriciteit naar waterstof kunnen behelzen.

<sup>3</sup> Denk hierbij aan de op olie gebaseerde brandstoffen in de transportsector en de inzet van aardgas voor de productie van waterstof en proceswarmte in de industrie.

<sup>4</sup> Er zijn meerdere scenario's geanalyseerd waarin de beschikbaarheid en kosten van alternatieve opties voor het reduceren van CO<sub>2</sub>-emissies (zoals de inzet van biomassa, de inzet van kernenergie, de toepassing van de afvang en opslag van CO<sub>2</sub> (CCS), en de kosten van elektrolyse en energieopslagstechnologieën zijn gevarieerd.

karakteristieken en het type flexibiliteit dat nodig is bepalend voor de samenstelling van deze mix aan flexibiliteitsopties. Uitgaande van het realiseren van vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereducties tegen de laagste maatschappelijke kosten, bestaat deze mix – in willekeurige volgorde – uit de volgende flexibiliteitsopties:

- Tijdelijk afschakelen van variabele duurzame elektriciteitsbronnen (*curtailment*);
- Uitwisselen van elektriciteitsoverschotten of –tekorten met het buitenland;
- Flexibeler maken van de elektriciteitsvraag;
- Flexibel elektrificeren van de energievraag;
- Inzetten van regelbaar gas-gebaseerd back-up vermogen (aardgas of biogas, al dan niet in combinatie met CCS);
- Implementeren van een vorm van elektriciteitsopslag (zoals *Compressed Air Energy Storage* (CAES) en batterijen in elektrische voertuigen);
- Inzetten van elektrolyse voor conversie van elektriciteit naar een gasvormige energiedrager (P2G), welke vanuit het perspectief van het elektriciteitssysteem gezien kan worden als flexibele vraag.

De kapitaalintensiteit van P2G en haar inherente rendementsverliezen<sup>5</sup> maakt dat de inzet daarvan enkel en alleen voor de levering van benodigde flexibiliteit, onvoldoende rendabel te maken is. Ook de lage – of mogelijk zelfs negatieve – elektriciteitsprijzen, die gedurende korte tijd kunnen ontstaan als gevolg van een onbalans op de elektriciteitsmarkt veroorzaakt door een overvloedig aanbod van elektriciteit uit variabele duurzame bronnen, zijn onvoldoende om de relatief hoge kapitaalslasten per geproduceerde eenheid waterstof of synthetisch methaan te compenseren.<sup>6</sup> Wanneer P2G echter al wordt ingezet om vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereducties te realiseren, dan kan flexibele operatie van *electrolysers* – de cruciale technologie onderliggend aan P2G – wel extra baten voor P2G opleveren, bijvoorbeeld door flexibiliteitsdiensten aan te bieden op de onbalansmarkt.

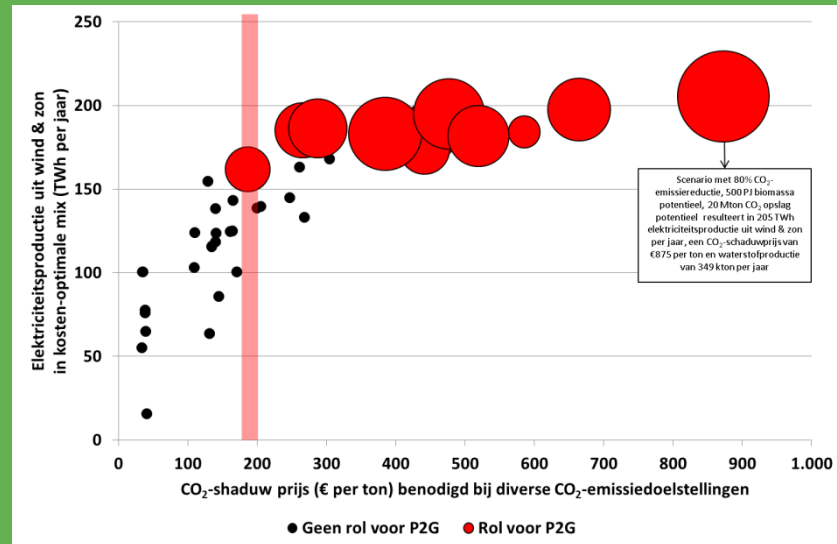
Voor het voorzien in de benodigde seizoensflexibiliteit in de warmtelevering is P2G niet noodzakelijk, maar bij vergaande CO<sub>2</sub>-reducties kan P2G wel een bijdrage daaraan leveren via het bijmengen van waterstof in het gasnetwerk. Andere opties die bijdragen in de warmtevoorziening in de toekomst zijn geothermie en elektrische warmtepompen. Daarnaast zullen energiebesparende maatregelen ervoor zorgen dat de vraag naar energie voor warmtevoorziening verder zal zijn gedaald.

<sup>5</sup> Voor alle technologieën, inclusief P2G, is rekening gehouden met een technologisch ontwikkelingspad naar 2050 als het gaat om de kosten en / of efficiency.

<sup>6</sup> De resultaten uit deze studie laten zien dat voor P2G – afhankelijk van het gehanteerde toekomstscenario – circa 5,000 tot 6,000 draaiuren per jaar minimaal nodig zijn om een positieve business case te bereiken.

E-vraag nu ~115 TWh/jaar

### Textbox 1: Vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereductie is de driver voor een positieve P2G business case, niet de behoefte aan flexibiliteit alleen



Figuur 1: Relatie tussen de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit uit wind- en zonne-energie, het ambitieniveau t.a.v. CO<sub>2</sub>-emissiereducties (vertaald naar CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen per ton), en de omvang van P2G in de kostenoptimale mix van technologieën (in hoeveelheid waterstof geproduceerd via elektrolyse, in kton per jaar)

Figuur 1 bevat resultaten uit de modelanalyse. Afhankelijk van het gewenste niveau aan CO<sub>2</sub>-emissiereducties – dat ten behoeve van de vergelijkbaarheid van scenario's onderling is doorvertaald naar de zogenaamde CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen<sup>7</sup> – en afhankelijk van het toekomstscenario dat wordt gehanteerd, is er een specifieke omvang aan wind- en zonne-energie dat bijdraagt aan een toekomstige energiemix met de laagst mogelijke maatschappelijke kosten. Elk datapunt geeft zo'n kosten-optimale bijdrage van wind en zon (in termen van geproduceerde hoeveelheid elektriciteit per jaar), waarbij een zwart datapunt aangeeft dat er in het betreffende scenario geen rol is voor P2G, en een rood datapunt dat er wél een rol is voor P2G (in termen van eenheden waterstof geproduceerd via elektrolyse). Het relatieve belang van P2G wordt weergegeven door de omvang van het (rode) datapunt.

De bovenstaande figuur laat in de eerste plaats zien dat wind- en zonne-energie voor Nederland in toenemende mate van belang zijn bij het realiseren van CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen: hoe hoger de CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen, hoe groter het aandeel van wind- en zonne-energie in de energiemix met de laagste maatschappelijke kosten. In de tweede plaats is te zien dat P2G een rol speelt bij vergaande emissiereducties die

<sup>7</sup> De CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen is de prijs van het vermijden van de laatste ton CO<sub>2</sub> voor het behalen van een CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling en reflecteert de kosten van de CO<sub>2</sub>-emissiereducterende optie die hiervoor moet worden ingezet. Hoe strikter de doelstelling of hoe schaarser (of duurder) de opties om CO<sub>2</sub> emissies te reduceren, des te hoger de CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen. De CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen kan niet zonder meer worden vergeleken met de CO<sub>2</sub>-prijs op het *European Trading Scheme* (ETS) aangezien het ETS slechts een beperkt deel van de energievoorziening omvat. Ook energiebeleid voor sectoren die niet onder het ETS vallen kunnen worden uitgedrukt in termen van CO<sub>2</sub>-schaduwrijzen. Zo becijferde de Algemene Rekenkamer (bijvoorbeeld dat een specifieke fiscale regeling gericht op het verduurzamen van de energievraag in de transportsector omgerekend naar vermeden CO<sub>2</sub>-emissies circa €1.000 per ton kostte.

een CO<sub>2</sub>-schaduwprijs impliceren van circa €200 per ton of hoger. In de derde plaats laat de figuur zien dat P2G pas een rol speelt bij een relatief grote omvang aan wind- en zonne-energie in het elektriciteitssysteem. Tot dat punt wordt de flexibiliteit die nodig is om de uit wind- en zonne-energie geproduceerde hoeveelheid elektriciteit in het elektriciteitssysteem te accommoderen derhalve door andere flexibiliteitsopties voorzien.

P2G gaat vooral over waterstof, minder over synthetisch methaan

### 3. P2G in een toekomstig Nederlands energiesysteem wordt vooral ingezet voor de productie en het daaropvolgend gebruik van waterstof (*power-to-hydrogen*), en in mindere mate voor de verdere productie en gebruik van synthetisch methaan (*power-to-methane*)

In het palet van opties die in beeld komen bij vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereducties is het bijmengen van waterstof in het gassysteem aantrekkelijk vanwege de relatief geringe distributiekosten en het effect in termen van het verduurzamen van (een deel van) de gaslevering. De bijdrage van P2G is groter naarmate de huidige beperkingen ten aanzien van het bijmengen in de toekomst kunnen worden verruimd, ook al liggen hier nog de nodige uitdagingen als het gaat om het geschikt maken van gasinfrastructuur en –toepassingen bij eindverbruikers.<sup>8</sup> Via deze weg kan een deel van de finale energievraag bij huishoudens en de industrie CO<sub>2</sub>-neutraler worden gemaakt. Naast bijmengen is ook de directe inzet van waterstof in bijvoorbeeld de transport- en industriële sector een mogelijke optie. Deze inzet is echter afhankelijk van een groot aantal factoren<sup>9</sup> en op basis van de analyse in deze studie is hier nog geen robuuste conclusie te trekken.

Methanisatie is bij vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereductie een optie wanneer de beschikbare capaciteit voor het opslaan van CO<sub>2</sub> al volledig wordt benut, respectievelijk er zodanige maatschappelijke weerstand optreedt bij het opslaan van CO<sub>2</sub>. Vanuit economisch perspectief is het aantrekkelijker om CO<sub>2</sub> zoveel mogelijk op te slaan in plaats van te methaniseren. Als methaan gedistribueerde CO<sub>2</sub> kan dan namelijk niet meer op een economisch rendabele manier teruggewonnen worden. Dit leidt ertoe dat er elders in het systeem relatief dure maatregelen moeten worden getroffen om alsnog de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies te bewerkstelligen. Vanuit een privaat perspectief zou er niettemin een positieve business case kunnen zijn vanwege gunstige lokale marktvoorwaarden, en dan met name in de periode waarin CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen nog enige ruimte hiervoor bieden.

P2G is maatschappelijk gezien niet rendabel op korte- tot middellange termijn

### 4. P2G is economisch gezien nog niet rendabel op de korte tot middellange termijn, maar een positieve business case voor een specifieke, lokale niche toepassing is niet uitgesloten

P2G is een robuust onderdeel van de energiemix bij vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereducties, maar op basis van drie uitgevoerde case studies kan ook worden geconcludeerd dat op de korte tot middellange termijn (2030) een business case voor P2G moeilijk rond te

<sup>8</sup> De kosten voor het aanpassen en / of vervangen van elementen in de huidige gasketen zijn niet meegenomen in deze studie.

<sup>9</sup> Factoren die een rol spelen zijn onder meer de kosten en beschikbaarheid van alternatieve CO<sub>2</sub>-vrije of CO<sub>2</sub>-arme opties, de ontwikkeling van brandstofprijzen, de eventuele kosten van het opbouwen van een distributienetwerk voor waterstof, en de gespecificeerde limiet op het bijmengen van waterstof.

krijgen is. Toch is het niet ondenkbaar dat er een positieve business case mogelijk is in specifieke situaties met gunstige lokale condities. Hierbij kan worden gedacht aan een combinatie van beperkte lokale capaciteit in het elektriciteitsnetwerk, de lokale / regionale beschikbaarheid van een surplus aan hernieuwbare elektriciteit, en een duurzame, lokale vraag naar waterstof (bijvoorbeeld in de industrie of in lokaal / regionaal openbaar vervoer).

Aanpak en veronderstellingen  
in deze studie

### **Aanpak en veronderstellingen**

De bovenstaande conclusies zijn getrokken op basis van onderzoek gebaseerd op een gecombineerde model- en case-studie-aanpak, waarbij een integraal energiesysteem perspectief met Nederland als systeemgrens<sup>10</sup> centraal stond. Het realiseren van een sterke decarbonisatie van het Nederlandse energiesysteem tegen de laagste maatschappelijke kosten is een belangrijk uitgangspunt. In het onderzoek is gebruik gemaakt van een brede set van mogelijke toekomstscenario's om te verkennen hoe bepaalde onzekere factoren effect kunnen hebben op de rol van P2G in de toekomst.

#### **Het integrale Nederlandse energiesysteem als onderzoeksperspectief**

Het energiesysteem perspectief geeft aan dat in de analyses niet is uitgegaan van één onderdeel van het energiesysteem – bijvoorbeeld de elektriciteits- of gasector – maar het Nederlandse energiesysteem als geheel. In een energiesysteem dat wordt onderworpen aan steeds scherpere CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen gaan interacties tussen de verschillende onderdelen in het systeem een steeds belangrijkere rol spelen. In welk deel van het systeem kunnen CO<sub>2</sub>-emissies het meest kostenefficiënt worden gereduceerd? En: wat betekent dit voor de inzet van energiebronnen en CO<sub>2</sub>-vrije technologieën in de energiemix? Een aanpak gericht op slechts een deel van het energiesysteem zou onvoldoende rekening houden met de reële complexiteit van interacties, en derhalve tot onbetrouwbare resultaten leiden – bijvoorbeeld ten aanzien van de rol van P2G. De systeemgrens in dit onderzoek is Nederland. Dit wil zeggen dat enkel het Nederlandse energiesysteem in een hoge mate van detail is meegenomen, inclusief de mogelijkheid brandstoffen te importeren uit de rest van de wereld en de mogelijkheid om elektriciteit uit te wisselen met omliggende landen.

#### **Realiseren van ambitieuze CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten als uitgangspunt**

Een belangrijk uitgangspunt in de analyse is dat Nederland door middel van effectief klimaat- en duurzaam energiebeleid een CO<sub>2</sub>-emissiereductie zal realiseren in 2050 van circa 80% tot 95% (vergeleken met het emissieniveau in 1990). Het in het onderzoek gebruikte model berekent welke mix van energietechnologieën leidt tot een vergaande decarbonisatie van het Nederlandse energiesysteem tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten. Voor de daadwerkelijke verwezenlijking van een resulterende mix met de laagste maatschappelijke kosten is het noodzakelijk dat markt en overheid de juiste marktomstandigheden hiervoor creëren, bijvoorbeeld door de actoren in het systeem de juiste marktprikkels te geven. In de praktijk kan dit

<sup>10</sup> Inclusief de import van brandstoffen uit de rest van de wereld (olie, gas, biomassa, uranium, etc.) en mogelijkheid tot uitwisseling van elektriciteit met buurlanden.

echter anders liggen, waardoor bijvoorbeeld ook de business case voor een bepaalde technologie er anders uitziet dan voorzien in een analyse op basis van maatschappelijke kosten. Met andere woorden: de resultaten komen voort uit een analyse vanuit een maatschappelijk perspectief dat in de praktijk niet noodzakelijk aansluit bij het perspectief van een private investeerder. Door een combinatie van beleid en marktomstandigheden kan het zijn dat een private partij een business case rond kan krijgen voor een bepaalde investering die vanuit maatschappelijk oogpunt niet rendabel is en mogelijk ook minder wenselijk is.

### Scenario's als middel om het effect van onzekere ontwikkelingen op de rol van P2G te analyseren

De toekomst is onzeker en onzekere factoren die een effect kunnen hebben op de toekomstige rol van P2G in het Nederlandse energiesysteem zijn talrijk. Om het belang van deze onzekere factoren in kaart te brengen is een brede set van mogelijke toekomstscenario's geanalyseerd (zie **Tabel 1**). Onzekerheden die in aparte scenario's zijn verkend, zijn onder meer de kostenontwikkeling van elektrolyse en opslagtechnologieën, de beschikbaarheid van en het draagvlak voor koolstofarme energieopties (biomassa, kernenergie, afvang en opslag van CO<sub>2</sub>), de beperkingen op het bijmengen van waterstof in het gassysteem, de prijs van fossiele brandstoffen en de omvang in netwerkcapaciteit waarbinnen elektriciteit kan worden uitgewisseld met de ons omringende landen.

**Tabel 1:** Overzicht van uitgevoerde modelanalyses

Scenario / gevoeligheidsanalyse	Invulling
Beperking biomassa	Beschikbaar biomassapotentieel 40% lager (t.o.v. 500PJ in referentiescenario)
Beperking CCS	Beschikbaar potentieel CO <sub>2</sub> -opslag in Nederland is 40% lager (t.o.v. 50 Mton per jaar in referentiescenario)
Beperking kernenergie	Mogelijk totale capaciteit van kernenergie in de toekomst is 50% lager (t.o.v. 5 GW <sub>e</sub> in referentiescenario)
Separate doelstelling wind & zon	Separate doelstelling voor totaal vermogen aan wind (36,5 GW <sub>e</sub> ) en zon (45GW <sub>e</sub> ) in het systeem
Hoog bijmengpotentieel H <sub>2</sub> in gassysteem	Maximaal bijmengpercentage van waterstof in het gasnetwerk is 50% (i.p.v. 10% in referentiescenario)
Laag bijmengpotentieel H <sub>2</sub> in gassysteem	Maximaal bijmengpercentage van waterstof in het gasnetwerk is 1% (i.p.v. 10% in referentiescenario)
Lagere kosten energieopslag	Kosten energieopslag zijn 50% lager t.o.v. referentiescenario
Lage kosten P2G	Kosten van elektrolyse zijn 50% lager t.o.v. referentiescenario
Lage kosten H <sub>2</sub> -transport	Kosten van H <sub>2</sub> -transport opties zijn 50% lager t.o.v. referentiescenario
Lage brandstofprijzen	Brandstofprijzen (olie, gas) zijn 50% lager t.o.v. referentiescenario
Hoge brandstofprijzen	Brandstofprijzen (olie, gas) zijn 100% hoger t.o.v. referentiescenario
Onbeperkte flexibiliteit in elektriciteitssysteem	Uitwisseling van elektriciteit met buitenland is onbeperkt en kosteloos
Geen P2G	Er is geen elektrolysetechnologie beschikbaar voor het energiesysteem

### Flexibiliteit van energietechnologieën

De baten die P2G kan genereren door flexibiliteit te leveren aan het *elektriciteit*ssysteem zijn ook afhankelijk van de karakteristieken van andere flexibiliteitsopties. In het onderzoek is daarom expliciet aandacht besteed aan de karakteristieken, beschikbaarheid en kosten van flexibiliteitsopties in verschillende scenario's. Voor wat betreft de flexibiliteit van conventionele elektriciteitscentrales is bijvoorbeeld rekening gehouden met het feit dat nieuwe generatie kolen- en kerncentrales in technisch opzicht flexibeler zullen zijn dan de huidige generatie. Of deze – of andere – specifieke flexibiliteitsopties uiteindelijk onderdeel uitmaken van de mix van technologieën met de laagste maatschappelijke kosten is een economisch verhaal.<sup>11</sup>

## Aanbevelingen

Aanbevelingen uit deze studie

### Een Nederlandse P2G road map zou de rol van P2G op de lange termijn moeten voorbereiden en organiseren

Ons onderzoek laat zien dat er behoefte is aan P2G op de lange termijn en dat het op de korte termijn lastig is om een positieve business case rond te krijgen. De optie P2G is zodanig interessant voor de lange termijn dat het van belang lijkt om verdere ontwikkeling op de korte tot middellange termijn te stimuleren. Zonder stimulering bestaat het risico dat de optie op het moment dat deze vanuit maatschappelijk perspectief zeer gewenst is, niet voldoende beschikbaar of onvoldoende ontwikkeld is. Op verschillende vlakken zal moeten worden nagedacht over het voorbereiden van het energiesysteem en de maatschappij op een zekere rol voor P2G. Hierbij spelen zowel de overheid als de markt een initiërende rol. Een P2G road map zou antwoord moeten geven op de vraag: hoe kan P2G in Nederland worden georganiseerd zodat de potentie van deze technologie optimaal wordt benut? Hierbij moet worden aangeven welke stappen in ontwikkeling en implementatie moeten worden gezet, op welk moment in de tijd, door welke actoren. De volgende onderdelen zouden hierin onder meer moeten worden meegenomen:

- *Technologieontwikkeling*: welke innovaties zijn nodig en hoe kunnen deze het beste worden gestimuleerd? Het realiseren van verdere kostendalingen (o.a. door opschaling van de beschikbare capaciteiten en introductie van nieuwe materialen) in elektrolyse is in ieder geval nodig. Daarnaast kunnen innovaties gericht op het flexibeler maken van de elektrolysetechnologie de kansen voor P2G verbeteren.
- *Gasketen*: hoe kan de gasketen (beter) geschikt worden gemaakt voor een toekomst waarin alternatieve gasvormige energiedragers – zoals waterstof – een belangrijkere rol spelen in de energievoorziening? Wat zijn de knelpunten, hoe kunnen deze worden geadresseerd en wanneer moet er door wie actie worden ondernomen?

<sup>11</sup> Bij het bepalen van de economische baten van flexibiliteitsopties is geen rekening gehouden met mogelijke inkomsten uit flexibiliteitsdiensten die binnen het uur kunnen worden gegenereerd. Dit omdat de korte tijdseenheid in het gehanteerde model een uur is.



- *Maatschappelijke implicaties*: hoe kan er voor gezorgd worden dat P2G (waterstof) als relatief nieuwe technologie (energiedrager) voldoende draagvlak vindt?
- *Business modellen & institutionele aspecten*: Welke business modellen kunnen zorgen voor een positieve business case voor P2G in de toekomst? Het systeemintegratieaspect van P2G maakt het des te uitdagender om deze nieuwe technologie succesvol in de markt te zetten. Huidige wet- en regelgeving kunnen hierin een limiterende factor zijn: welke institutionele aanpassingen zijn noodzakelijk voor een succesvolle implementatie?

### **De overheid moet de juiste kaders organiseren die noodzakelijk zijn voor een succesvolle energietransitie tegen de laagste maatschappelijke kosten**

P2G is een robuust onderdeel van een toekomstige mix van energietechnologieën die tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten de gewenste sterke CO<sub>2</sub>-emissiereductie realiseert in het *energiesysteem*, waarbij P2G als bijkomend voordeel ook een bijdrage levert als het gaat om het voorzien in een deel van de benodigde flexibiliteit in het *elektriciteitssysteem*. Om het pad met de laagst mogelijke maatschappelijke kosten daadwerkelijk te bewandelen, is het noodzakelijk dat de overheid zorg draagt voor het juiste regelgevend kader en marktontwerp.<sup>12</sup>

Voorbeelden hiervan zijn:

- Implementatie van effectief klimaatbeleid – resulterend in een voldoende hoge CO<sub>2</sub>-prijs – is nodig voor een solide P2G business case. Zonder dergelijk beleid is er op dit moment geen economische prikkel om in P2G te investeren. De uiteindelijke rol van P2G is mede afhankelijk van de uitwerking van klimaat- en hernieuwbaar energiebeleid en de waarde van ‘groene’ waterstof en/of methaan in de verschillende eindverbruikerssectoren.
- Een juiste waardering voor flexibiliteit is vereist voor een invulling van de groeiende behoefte aan flexibiliteit tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten. Hierin moet het ontwerp van de elektriciteitsmarkt voorzien. Dit kan bijvoorbeeld worden bewerkstelligd door ‘vragers’ van flexibiliteit, zoals variabele duurzame bronnen, een negatieve prijsprikkel te geven door deze te onderwerpen aan programmaverantwoordelijkheid en prijzen op de onbalansmarkt voor elektriciteit.

### **Vervolgonderzoek is nodig t.a.v. de impact van de kosten en beschikbaarheid van alternatieve flexibiliteitsopties én koolstofarme opties op de mix van energietechnologieën**

Het onderzoek laat zien dat zowel de beschikbaarheid van alternatieve flexibiliteitsopties als de beschikbaarheid van alternatieve koolstofarme opties impact heeft op de rol van P2G. In diverse scenario’s is verkend hoe de rol van P2G verandert als de beschikbaarheid van alternatieve opties verandert, maar deze opties zijn niet in detail onderzocht. Zo zou een deel van de benodigde flexibiliteit in het *elektriciteitssysteem* in potentie kunnen worden geleverd door het flexibeler maken

<sup>12</sup> Deze conditie heeft niet specifiek betrekking op de P2G-optie maar geldt voor het gehele palet aan opties die kunnen bijdragen aan het reduceren van CO<sub>2</sub>-emissies of kunnen voorzien in de benodigde flexibiliteit.



van productieprocessen in de industrie en het flexibeler maken van een deel van de elektriciteitsvraag (in combinatie met elektrificatie van de finale energievraag). Een vraag die naar aanleiding van deze studie naar voren komt is wat het werkelijke potentieel van deze bronnen van flexibiliteit is, onder welke voorwaarden deze ‘verborgen’ flexibiliteit kan worden gemobiliseerd, en wat de effecten hiervan zijn op de rol die andere technologieën kunnen spelen (zoals energieopslag en P2G). Op soortgelijke wijze kan worden ingezoomd op de impact van het werkelijke technisch potentieel voor CCS in Nederland of het draagvlak voor extra kerncentrales in Nederland.

### **Het Nederlands energiesysteem en de rol voor P2G moet worden gezien vanuit internationaal perspectief**

Het Nederlandse energiesysteem staat niet alleen in de uitdaging om een meer duurzaam energiesysteem te realiseren en de ontwikkeling van het Nederlandse energiesysteem kan niet geïsoleerd worden beschouwd van het energiesysteem van de ons omringende landen. Daarom is het noodzakelijk om bij voorgaande aanbevelingen te allen tijde de internationale dimensie in het oog te houden. Bij het opstellen van een Nederlandse *road map* voor P2G kan worden geleerd van soortgelijke initiatieven in het buitenland en kan mogelijk samen worden opgetrokken. Ook bij het scheppen van het juiste reguleringskader voor het energiesysteem (bijvoorbeeld de elektriciteits- en gasmarkt) dient het aanbeveling om af te stemmen met andere landen. Tenslotte zou de rol van het buitenland moeten worden meegenomen in verder onderzoek naar de toenemende integratie van variabele duurzame energiebronnen en de diverse technologie-opties die daarbij een rol kunnen gaan spelen.



**ECN**

Westerduinweg 3  
1755 LE Petten  
The Netherlands

P.O. Box 1  
1755 ZG Petten  
The Netherlands

T +31 88 515 4949  
F +31 88 515 8338

[info@ecn.nl](mailto:info@ecn.nl)

