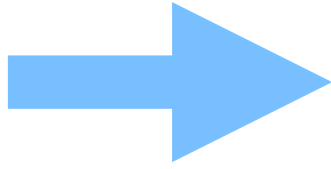


# FLEX-P2G

Flexibele energie infrastructuur door  
kosteneffectieve en efficiënte  
PEM- elektrolyse en  
Sorption Enhanced Methanisatie

2015-2017



hydron energy



Hanzehogeschool Groningen  
University of Applied Sciences



ECN



FRAMES

**1 Inhoudelijk Eindrapport**

Projectnummer	TES0114007
Projecttitel	Flexible power-to-gas (FLEXP2G)
Penvoerder	Frames Energy Systems B.V.
Projectpartners	Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) Frames Energy Systems B.V. Hydron Energy B.V. Stichting Hanze Hogeschool Groningen
Projectperiode	1 januari 2015 – 30 september 2017
Publicatiedatum	25 januari 2018

Inhoudelijk Eindrapport Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale Regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst van Ondernemend Nederland.

Contactpersonen	
ECN	Frans van Berkel vanberkel@ecn.nl
Frames Energy Systems	Eddy van Oort e.van.oort@frames-group.com
Hydron Energy	Sander ten Hoopen sander.tenhoopen@hydron-energy.com
Stichting Hanze Hogeschool Groningen	Bart ter Veer b.v.ter.ver@pl.hanze.nl

**Lijst van afkortingen**

P2G	Power-to-gas
PEM	Proton Exchange Membrane
PEMWE	Proton Exchange Membrane Water Electrolysis
PvE	Pakket van Eisen
MEA	Membrane Electrode Assembly
SNG	Synthetic Natural Gas
SEM	Sorption Enhanced Methanization

## 2 Inhoudelijk Eindrapport

### 2.1 Samenvatting

Het project “Flexibele energie infrastructuur door kosteneffectieve en efficiënte PEM- elektrolyse en Sorption Enhanced Methanisatie technologie” is bedoeld om de betrouwbaarheid, flexibiliteit en rentabiliteit van het energie netwerk te verbeteren door een koppeling tussen het elektriciteitsnetwerk en het gasnetwerk mogelijk te maken.

Het project is opgedeeld in vier werkpakketten. Het eerste werkpakket heeft inzicht verschaft in de markt voor P2G oplossingen op basis van de in dit project ontwikkelde technische bouwstenen. Hieruit is gebleken dat het zeer moeilijk is om aan alle randvoorwaarden te kunnen voldoen en zullen de toepassingen dus afzonderlijk tegen het licht gehouden moeten worden.

Binnen werkpakket twee is een “proof-of-concept” van innovatieve “sorption enhanced methanisation” (SEM) technologie in een laboratoriumomgeving opgezet en getest. Met deze technologie is het mogelijk om zeer hoge puurheid van het geproduceerde aardgas te behalen, zodat dit direct in het gasnetwerk geïnjecteerd kan worden.

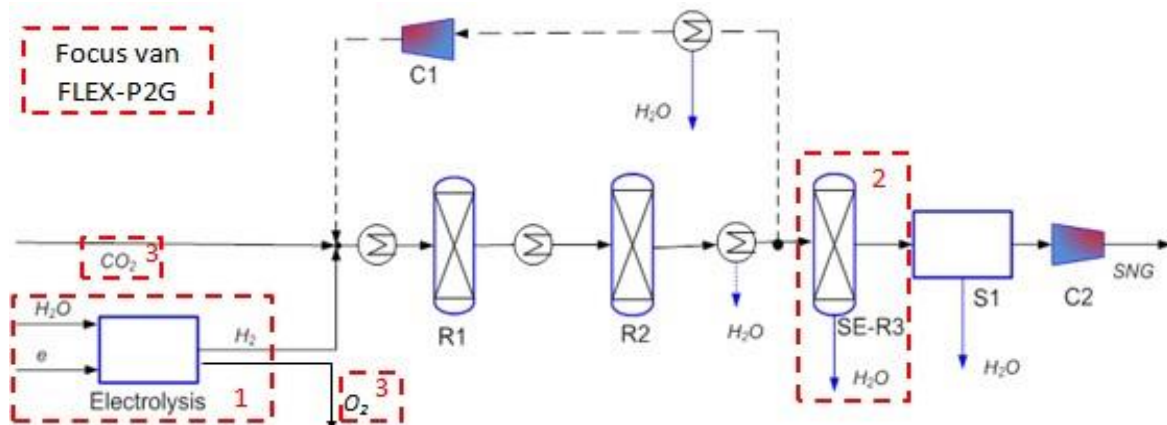
In werkpakket drie is een prototype van een Polymeer Elektrolyt Membraan Water Elektrolyser ontwikkeld.

Het 50 kW elektrolyse prototype als resultaat van werkpakket 3 is geïntegreerd binnen een “turnkey” systeem van randapparatuur in werkpakket vier, waardoor dit een volwaardig elektrolyse systeem is geworden met elektriciteit en gedemineraliseerd water als input, en waterstof als output.

Het is aan te bevelen het gerealiseerde ontwerp te valideren door middel van een testprogramma op een locatie waar waterstof geproduceerd kan worden.

## 2.2 Inleiding

Met een toenemende capaciteit in de opwekking van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen wordt de problematiek rondom een betrouwbare, flexibele en betaalbare energievoorziening steeds urgenter. Hernieuwbare energie wordt vaak opgewekt op tijden dat de vraag naar energie relatief laag is, en nagenoeg altijd in de vorm van elektriciteit. Door de koppeling van het elektriciteitsnet aan andere energie-netten, zoals het aardgasnetwerk, met state-of-the-art technologie wordt het geheel flexibeler, betrouwbaarder en goedkoper. De omzetting van elektriciteit en water naar waterstof, en eventuele verdere combinatie met kooldioxide tot methaan zijn hier mogelijke oplossingen in.



Dit synthetisch aardgas (SNG) kan direct worden bijgemengd in de bestaande aardgasinfrastructuur. P2G technologie kan zodoende een flexibele conversiemethode zijn tussen de gasinfrastructuur en hernieuwbare energie bronnen. P2G technologie is momenteel echter (nog) niet economisch rendabel. Dit project heeft tot doel om op korte termijn een bijdrage te leveren aan de prestatieverbetering en kostenreductie van flexibele P2G technologie.

In dit project worden twee deeloplossingen verder ontwikkeld om beter aan te sluiten op de eisen wat betreft flexibiliteit, betrouwbaarheid en rentabiliteit:

- Ontwikkeling van een 50 kW elektrolyse stack en systeem voor omzetting van elektriciteit naar waterstof.
- Ontwikkeling van een reactor waarmee hoge puurheid van methaan behaald kan worden voor directe injectie van het geproduceerde gas in het aardgasnetwerk.

In de volgende paragrafen worden de doelstellingen, werkwijze en resultaten verder uiteengezet.

### 2.3 Doelstelling

Dit project heeft als doelstelling op korte termijn positieve bijdrage te leveren aan de prestatieverbetering en kostenreductie van flexibele P2G technologie, zodat deze in de nabije toekomst een economisch haalbare “enabler” kan worden voor de toepassing van grootschalige hernieuwbare energie opwekkingsystemen in binnen- en buitenland en de koppeling van het elektriciteitsnetwerk en gasnetwerk mogelijk te maken.

Er zijn drie concrete hoofddoelen gedefinieerd binnen dit project:

- De realisatie van een “low cost” en efficiënt PEM elektrolyse systeem.*  
 Binnen het project wordt een innovatief PEMWE stack platform ontwikkeld met een groot actief oppervlak. De kostprijs van dit platform dient ten opzichte van de beschikbare technologie vergaand gereduceerd te zijn (target 500 €/kW bij massaproductie). Daarmee vormt de stacktechnologie de basis van grootschalige waterstofproductie systemen op basis van elektrolyse.  
 De stack technologie zal worden geïntegreerd tot een turn-key elektrolyse systeem met een vermogen van 50 kW. Door het modulaire karakter van de stacktechnologie kan het vermogen eenvoudig worden opgeschaald naar MW schaal. Zodoende wordt er middels de ontwikkeling van een modulair en flexibel 50 kW PEM elektrolyse systeem een blauwdruk gerealiseerd voor een productlijn die kan worden toegepast in het P2G concept.
- Een kostenreductie en hogere efficiëntie realiseren in het conventionele methanisatie proces zodat deze technologie op rendabele manier SNG kan produceren.*  
 Voor de realisatie van dit doel zal het door ECN ontwikkelde SEM proces worden ingezet. Het SEM is door ECN reeds bewezen op kleine schaal in het laboratorium (6). Het belang van het SEM proces voor het P2G technologie is de verbetering van de conversie richting 100%, waardoor de efficiëntie verbetert en noodzaak tot additionele post processing, om direct in de bestaande gasinfrastructuur te kunnen injecteren, wordt weggenomen. Beide eigenschappen leiden tot lagere kosten en verhoogde flexibiliteit.
- Het inzichtelijk maken en identificeren van (niche) markten en het ontwikkelen van business modellen.* Om het P2G concept op succesvolle wijze industrieel toe te passen als “enabler” voor duurzame energie bronnen, is het noodzakelijk gedetailleerd in kaart te brengen welke factoren en actoren van belang zijn. Deze bevindingen kunnen vervolgens gebruikt worden om (niche) markten te identificeren en concrete business modellen op te tuigen en scenario’s te ontwikkelen voor inpassing in het energiesysteem. De belangrijkste “driver” voor het verdienmodel wordt gevormd door de valorisatie van input en output stromen in het P2G concept. Naast de investeringskosten en operationele kosten van de P2G technologie, zijn de waarden van CO<sub>2</sub>, water, duurzame elektriciteit, waterstof, zuurstof, SNG en warmte van groot belang voor het vinden van goede verdienmodellen. De derde pijler van dit project heeft dan ook tot doel om deze zaken inzichtelijk te maken

## 2.4 Werkwijze

Het project is opgedeeld in een aantal verschillende werkpakketten waarmee de projectpartners in verschillende samenstellingen mee aan de slag zijn gegaan. De individuele werkpakketten en de samenstelling daarin is samengevat in onderstaande tabel.

WP	Beschrijving	Partners	Resultaat
0	Management & rapportage	Frames	Rapportage
1	Markt onderzoek: Business Opportunities en systeemintegratie scenario's	Hanze-Hogeschool	Onderzoeksrapport
2	Proof of Concept van een Sorption Enhanced Methanisation (SEM) reactor	ECN Frames	SEM prototype Reactor Onderzoeksrapport over sorbentia en katalysator keuze Onderzoeksrapport met ontwerp resultaten Eindrapport met aanbevelingen
3	Ontwikkeling prototype PEMWE stack	Hydron Energy, Frames	PEMWE stack Technisch Constructie Dossier Test rapport
4	Ontwikkeling van prototype PEM water elektrolyse systeem	Frames Hydron Energy	50 kW PEMWE system Technisch Constructie Dossier FAT rapport

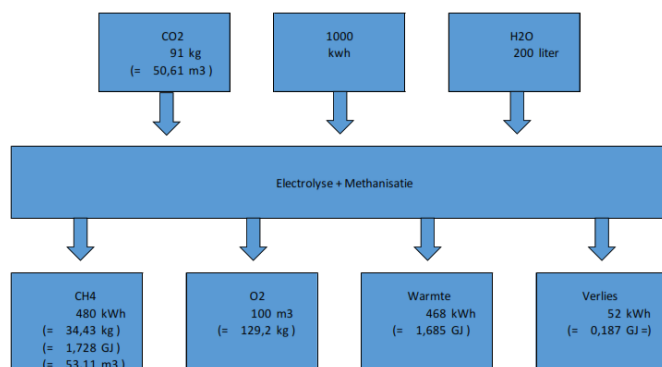
## 2.5 Resultaten

De resultaten per werkpakket zijn hieronder beknopt samengevat in individuele secties. Voor meer details wordt verwezen naar de detailrapporten van de projectpartners die onderdeel uitmaken van het niet-publieke eindrapport.

### 2.5.1 Werkpakket 1 - Marktonderzoek

Er zijn vier mogelijke modellen voor de toepassing van P2G technologie onderzocht. In het “dedicated” model wordt de elektriciteitsproductie van een PV-installatie en/of een windturbine volledig benut voor P2G. Het methaan wordt verkocht aan derden. In het “Gas voor eigen gebruik” model wordt de elektriciteitsproductie van een PV-installatie of een windturbine ook volledig benut voor P2G. In dit model wordt het geproduceerde methaan door het huishouden of door de onderneming zelf gebruikt om zodoende te besparen op de eigen gasrekening. In het “windpark Fryslan” model wordt de elektriciteitsproductie van het windpark geheel of gedeeltelijk benut voor P2G. De belasting van het hoogspanningsnetwerk kan daardoor worden verminderd waardoor investeringen in het verzwaren van dit netwerk kunnen worden vermeden. In het flexibiliteitsmarkt model wordt een P2G-installatie gebruikt om bij te dragen aan het balanceren van het elektriciteitsnet. De P2G-installatie neemt elektriciteit af op momenten van overschotten op het net en wordt daarvoor beloond.

Gegeven de huidige en verwachte prijzen van elektriciteit, gas, warmte, CO<sub>2</sub> en zuurstof resulteren de onderzochte P2G modellen niet in een positieve business case. Het schalen van de P2G-installatie ten opzichte van de elektriciteitsproductie leidt tot lagere investeringskosten en een relatief hoge benutting van de beschikbare elektriciteit. Bij kleinschalige toepassing is er sprake van relatief hoge CO<sub>2</sub> kosten aangezien deze dan in cilinders wordt aangeleverd. Indien de markt voor medische zuurstof kan worden betreden kan de verkoop van zuurstof een positieve bijdrage leveren aan de business case.



Figuur 1 Overzicht van de inputs en outputs van het kosten/baten analyse model.

### 2.5.2 Werkpakket 2 – Sorption Enhanced Methanisation

Uit de systeemstudie uitgevoerd als onderdeel van werkpakket 2 blijkt dat het behalen van de synthetisch aardgas kwaliteit ten behoeve van aardgasnetwerk-injectie kan worden behaald onder hoge bedrijfsdruk (70 bar) met vier conventionele gepakt bed methanisatie reactoren en een overstoichiometrische hoeveelheid CO<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>=3.9) in het voedingsgas. Er is met name gestuurd op het behalen van de kritieke waterstof concentratie (<0.02 mol% H<sub>2</sub>) in het resulterend methaan. Door de laatste conventionele reactor te vervangen door twee sorption enhanced reactoren kan het gewenste resultaat behaald worden bij lagere bedrijfsdrukken (30 bar) en stoichiometrisch voedingsgas (H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>=4).

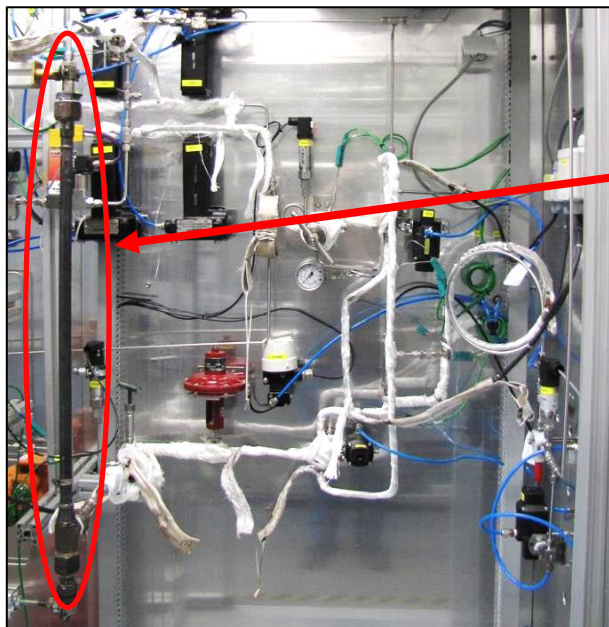
De geprognosticeerde resulterende kostprijs voor SNG is 4-5 maal hoger dan de huidige NG-prijs bij een elektriciteitsprijs van 35 €/MWh en is 2 maal hoger dan de huidige NG-prijs bij een elektriciteitsprijs van 0 €/MWh.

Ten behoeve van de experimentele proof-of-principle van de volledige omzetting van waterstof en CO<sub>2</sub> naar methaan middels het steam sorption-enhanced concept, is er een selectie van zowel katalysator- alswel sorbent-materiaal gemaakt op basis van literatuur en experimentele verificatie: Zeoliet 4A is geselecteerd als optimale sorbent op basis van sorbent capaciteit, stoom slip en robuustheid in prestatie onder de benodigde bedrijfscondities; Een commerciële Ni-gebaseerde methanisatie katalysator is geselecteerd op basis van de hoge conversie in het relatieve lage temperatuurgebied van 250 tot 300°C.

De proof-of-concept experimenten op bench-schaal tonen aan dat een reactie/sorptie stap met een duur van 50 minuten, waarbij de waterstofinhoud van het geproduceerde gas lager is dan 200 ppm,



gerealiseerd wordt indien gebruik wordt gemaakt van CO<sub>2</sub> als regeneratiegas, De regeneratiestap duurt net zolang als de reactie/sorptie stap met als gevolg dat er slechts twee sorption enhanced reactoren nodig zijn in het totale proces in overeenstemming met de hierboven aangegeven systeemstudie. De stabiliteit in prestatie van de gekozen katalysator/sorbent combinatie is aangetoond gedurende 175 cycles.



SEM Reactor in de test-opstelling bij ECN.

Figuur 2 De SEM reactor in de proefopstelling bij ECN

### 2.5.3 Werkpakket 3 – prototype 50 kW stack

Dit werkpakket heeft als doel een prototype/blauwdruk voor een “low cost” en efficiënte 50 kWe PEM water electrolyse (PEMWE) stack te realiseren. Dit doel is gerealiseerd door middel van betere stack constructieprincipes en de toepassing van innovatieve materialen.

Na een korte literatuurstudie, is het programma van eisen (PvE) opgesteld en zijn er een aantal optimalisatiestudies uitgevoerd met betrekking tot materiaal gebruik. Vervolgens zijn er elektrochemische als ook massa- en energiebalans modellen opgesteld om de stackkarakteristieken te bepalen en het operationele bereik te definiëren. Deze resultaten zijn leidend geweest gedurende het stack ontwerpproces als ook het totale systeem ontwerp.

Op grond van de eerder berekende stackkarakteristieken zijn er verschillende cel en stack concepten gegenereerd, doorgerekend en getoetst aan het PvE. Hierbij is gebruik gemaakt van zowel analytische als ook numerieke rekenmethodes. De gegenereerde concepten zijn onder andere beoordeeld op “lean” materiaal gebruik, sterkte, vloeistofdoorstroming, warmtehuishouding en kostprijs. Voor het beste stack en cel concept is vervolgens het inkoopproces gestart. Er zijn verschillende gespecialiseerde fabrikanten en toeleveranciers benaderd en ingeschakeld voor de vervaardiging van diverse onderdelen. De geleverde onderdelen zijn vervolgens op kwaliteit gecontroleerd, en volgens strikt protocol verder gereedgemaakt voor assemblage.

Als eerste is er een enkel cel stack gebouwd met als doel de beste membraan electrode samenstelling (MEA) te bepalen. Er zijn meer dan 20 verschillende MEA configuraties in de enkele cel stack beproefd op prestatie en lektheid alvorens de beste MEA configuratie was geïdentificeerd. Om de testen voortvarend te kunnen uitvoeren, is er tevens speciaal voor dit project een uitgebreid teststation gerealiseerd. De beste MEA configuratie is vervolgens gebruikt bij de opschaling naar multi-cel stacks. Doormiddel van verscheidende multi-cel stacktesten is het cel-, MEA- en stackontwerp verder gevalideerd en getoetst op het PvE. Uiteindelijk is de volledige 50 kWe stack gebouwd en met succes beproefd. Daarnaast is het teststation verder aangepast op de grotere vermogens van de stack. Aanvullend is er een korte kostprijsstudie uitgevoerd waaruit is gebleken dat de kostprijs van het 50kWe prototype PEMWE stack, ontwikkeld binnen dit project, al in lijn is met diverse kostprijsprojecties.

#### 2.5.4 Werkpakket 4 – 50 kW elektrolyse systeem

In dit werkpakket is een systeem om de stack uit werkpakket 3 heen ontwikkeld. Het prototype systeem is ontwikkeld als een modulair concept waardoor het geïnstalleerde vermogen ‘eenvoudig’ kan worden geschaald door de stack capaciteit uit te breiden.

Het systeem is in een standaard 20' high-cube zeecontainer ontworpen. Binnen deze container zijn een elektrische en een proces ruimte, met daarin de stack, instrumentatie, tanks, en pompen.

Het systeem is grofweg te verdelen in vier subsystemen:

- Elektrisch & instrumentatie
- Koeling
- Anode (demiwater / zuurstof)
- Kathode (waterstof / stikstof)

waarbij de elektrolyse stack het element in het systeem is dat alle vier deze subsystemen aan elkaar koppelt.

Het systeem is ontworpen als opzichzelfstaand systeem met de volgende in- en uitgangen

- Demiwater, opgeslagen in de buffer tank. Voorraad voor minstens 8 uur bij een verbruik van 10 L/h. Een externe vulaansluiting is aanwezig.
- Elektriciteit input van 3 x 400 V wisselspanning, 50 Hz met een maximaal benodigd vermogen van 65 kW.
- Waterstof uitgang 9 Nm<sup>3</sup>/h bij maximaal 30 barg. Voorziening voor opslag waterstof in de container van 2 x 50L als buffer.
- Zuurstof wordt naar de atmosfeer geventileerd, bij een maximale productie van 4.5 Nm<sup>3</sup>/h.

#### 2.6 Bijdrage aan de doelstellingen TKI systeemintegratie

De volgende bijdragen zijn geleverd aan de doelstellingen van de TKI systeemintegratie:

- de inzetbaarheid van het methanisatie proces flexibeler wordt omdat de SEM reactor technologie er voor zorgt dat SNG van aardgasnetwerk kwaliteit en zuiverheid kan worden geproduceerd. Dit zorgt ervoor dat het gas in elk Europees gasnetwerk kan worden gevoed zonder additionele gas opwaardering stappen, wat de koppeling tussen elektriciteits- en gasnetwerken mogelijk maakt en daarmee ook grootschalige energieopslag.
- de investeringskosten van PEMWE worden gereduceerd. Dit brengt de commerciële toepassing als flexibele hernieuwbare energie buffer dichterbij.
- de PEMWE technologie dankzij haar innovatieve ontwerp in staat is op elektrochemisch manier waterstof gas te produceren onder druk en is daarmee uniek t.o.v. van state-of-the-art. De gecomprimeerde waterstof kan als grondstof in tal van chemische applicaties gebruikt worden.
- het marktonderzoek heeft de inzetbaarheid en ontwikkelingen van P2G gedetailleerd in kaart gebracht, en daarmee inzicht in de voorwaarden hoe deze technologie zowel nationaal als internationaal het beste ingezet kan worden in een transitie naar een duurzame energie mix.

## 2.7 Conclusie en aanbevelingen

De volgende conclusies kunnen getrokken worden uit de resultaten van het project:

- De kennis van en over waterstof binnen de totale leveranciersketen zal ontwikkeld moeten worden om tot een kostprijverlaging en prestatieverbetering te komen.
- Het betrekken van de kennis en kunde van alle partners in de supply chain bij het ontwerp en realisatie van een elektrolyse systeem is uitermate belangrijk om tot een commercieel aantrekkelijk ontwerp te komen.

Systeem optimalisatie:

- Implementeren van warmtemanagement in proces schema ten behoeve van regeneratie van de SEM gepakte bed reactoren om de efficiency verhogen.
- Uitvoeren van een nauwkeurigere kosten berekening voor het SNG systeem en vergelijken met conventionele opwerkingssystemen.
- Optimaliseren van het elektrolyse, SNG productie en waterstof buffer tot een geïntegreerd systeem.
- Bepalen van de schaalgrootte waarbij de elektrolyse stacks met alle randapparatuur en eventuele SNG productie nog in standaard formaat container passen, en de bijbehorende marktapplicaties.
- Opschalen van het elektrolyse en methanisatie proces naar MW-schaal
- Demonstratie op locatie, in de nabijheid van een hernieuwbare energie bron, en/of CO<sub>2</sub>-bron, en/of injectie punt in aardgasnetwerk

Reactor model verder verfijnen t.b.v. simulatie van dynamisch bedrijf:

- Verbetering van de beschrijving van de massa transport problematiek in de gepakte bed reactoren
- Bepalen van snelheid van turn-down / ramp-up ratio in methaanproductie om daarmee ook de vereiste waterstof- en CO<sub>2</sub> buffercapaciteit te kunnen bepalen.

Systeemtesten

- Duurtesten (> 1000 cycli) van een tafelmodel SEM-reactor, met daarin het afstemmen van regeneratie en reactie/sorptie tijdspanne in een cyclus.
- Valideren van de prestatie modellen opgesteld tijdens de ontwerp fase. Testen van de flexibiliteit en prestatiegrenzen van het elektrolyse systeem.

### 3 Uitvoering van het project

#### 3.1 Technische & Organisatorische Problemen en Oplossingen

De volgende technische problemen zijn ondervonden en opgelost:

- De afhankelijkheden binnen het systeem, waardoor veranderingen van parameters door wijzigingen of onzekerheid in het ontwerp lang doorwerken in het uiteindelijke systeem. De combinatie van veel onzekere parameters met de eisen efficiënt en lage kosten is zeer ongelukkig. Hier is uiteindelijk de keuze gemaakt om een zo breed mogelijk spectrum van parameters, binnen een acceptabel budget, veilig en efficiënt te opereren.
- De supply-chain wat betreft componenten die in aanraking komen met waterstof is nog zeer beperkt en gespecialiseerd. Hierdoor is de bekendheid van deze bedrijven beperkt, en de zijn de prijzen nog relatief hoog. Uiteraard heeft dit ook met de volwassenheid van de markt voor electrolyzers en fuel cells te maken, en zal hier tegelijk met de ontwikkeling van deze markten verbetering optreden.

De volgende organisatorische problemen zijn ondervonden en opgelost:

- Er zijn een aantal problemen geweest met de toeleveranciers van diverse onderdelen. Sommige onderdelen waren niet op specificatie of hadden vertraging / beschadiging bij levering. Een deel van de vertraging kon worden opgevangen worden door middel van ruimte in de planning. Een procedure om met offspec items om te gaan is gehanteerd.
- 

#### 3.2 Wijzigingen t.o.v. het projectplan

Er is tweemaal een wijziging in einddatum van het plan geweest. Deze zijn het gevolg van de organisatorische problemen. De fysieke bouw kan pas starten wanneer de componenten aanwezig zijn. Sommige componenten konden pas ontworpen worden wanneer aansluitende daadwerkelijke componenten zijn gekocht en geleverd. Mede door de "nieuwheid" van waterstof in de supply-chain heeft dit tot vertraging geleid.

De stack was een van de eerste componenten die in de container geplaatst moest worden door de layout van de container. Om de stack toch te kunnen testen bij Hydron Energy vóór plaatsing in de container is hier nog extra uitloop in de planning gekomen. De integratie in de container heeft ook langer geduurd door een manier van bouwen waar Frames Energy Systems minder bekend mee is: integratie van componenten in een container ten opzichte van een open frame of skid.

ECN heeft een additionele niet begrote activiteit uitgevoerd ten aanzien van systeemstudie naar totale elektrolyser en methanisatie procesrein. Dit was nodig om een beter zicht te krijgen voor de optimale procesvariabelen voor de methanisatie sectie, die in hoge mate bepaald wordt door de koppeling van de elektrolyser met de methanisatie sectie. Leidend voor de optimalisatie van de procesparameters is de synthetische aardgas kwaliteit en energie efficiëntie van het totale systeem.

### 3.3 Verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten

De Hanze Hogeschool en ECN hebben beiden geen significante overschrijving of overschot van het toegewezen budget.

De budgetoverschrijding van Hydron Energy is gerelateerd aan het aantal manuur dat gespendeerd is. Het aantal begrote uren is met ongeveer 30% overschreden. Dit is mede veroorzaakt door het besluit langer en meer testen uit te voeren dan oorspronkelijk ingepland toen in het 4<sup>e</sup> kwartaal van 2016 bekend werd dat het project met 6 maanden zou worden verlengd.

Frames Energy Systems heeft een klein overschot aan budget en uren. De oorzaak hiervan is een het meenemen van teveel ruimte in het budget in verband met onzekerheden over kosten en nieuwe technologie. Het zwaartepunt in de verdeling uren ligt ook bij engineering ten opzichte van de werkplaats.

### 3.4 Wijze van kennisverspreiding

Er is elke 3 tot 4 maanden een bijeenkomst georganiseerd waarbij de consortiumpartners elkaar hebben ingelicht over de voortgang van de werkpakketten.

Hydron Energy heeft daarbij systeemkennis gedeeld met Frames en ECN als ook geholpen bij het definiëren en ontwerpen van het PEMWE systeem. Daarnaast is er onder leiding van Frames een uitgebreide HAZOP uitgevoerd.

Een paper betreffende de “Sorption Enhanced Methanisatie” was ingestuurd voor deze conferentie en vervolgens geaccepteerd als keynote lecture. Echter de conferentie organisatie vergat de auteurs in te lichten. Om deze onfortuinlijke reden hebben we ons helaas niet internationaal kunnen presenteren.

### 3.5 PR project en verdere PR mogelijkheden

#### 3.5.1 TKI Systeemintegratie Congres

Het project is bij het evenement systeemintegratie 2015 in de spotlight gezet. Hier werd een flyerpresentatie gegeven aan geïnteresseerden.

#### 3.5.2 Fotoshoot container

Een verdere mogelijkheid, voordat de container naar de testbestemming verplaatst zal worden voor aansluiting en de productie / flexibiliteitstesten, is het organiseren van een fotoshoot. In de nabijheid van Frames Energy Systems staan een aantal windmolens in het weiland wat bij uitstek het groene imago van waterstof versterkt en de koppeling met hernieuwbare energie verduidelijkt.



Figuur 3 Impressie van het sfeerbeeld van de electrolyzer container bij een windpark

### 3.5.3 Vervolgprojecten

Dit moment kan ook uitstekend gebruikt worden om meer richtbaarheid te geven aan de mogelijkheden van waterstof, en de beschikbare kennis en kunde binnen Nederland op dit gebied. De ingebruikname van de Flex P2G 50 kW electrolyzer container in het vervolgproject NextGenP2H2 zal plaats vinden middels een Grant Opening met uitnodigingen aan relevante stakeholders.

Een ander mogelijk vervolg is het gebruik van electrolyse technologie om offshore windparken en reeds aanwezig infrastructuur van olie- en gasproductie te gebruiken om deze energie aan land te brengen. Ook de recente aankondiging van TenneT, EnergyStock en Gasunie over een energie-eiland biedt kans voor een mogelijk vervolg.