

Juryrapport
Nederlandse Gasindustrieprizen 2020

1^e Prijs: J.C. (Joseph) Daatselaar MSc, TU Delft
Microporous Membranes for CO₂ Electrolysis

Due to climate change, the greenhouse gas carbon dioxide has received a lot of attention in recent years, mainly to reduce its emissions. To achieve the Paris climate goals, we have to switch to a circular approach. In this context carbon dioxide can be used as a raw material. To make this work we first have to convert it to carbon monoxide and then make it react with green hydrogen to form various hydrocarbons.

In his research, Joseph Daatselaar focused on the first step, the efficient conversion of carbon dioxide into carbon monoxide and oxygen. This can for example be realised in an electrochemical cell, where the anode and the cathode are separated by an ion-conducting membrane. This membrane ensures a high selectivity of the electrochemical cell. However, the membranes increase the energy consumption of the process. Moreover, some membranes are very expensive.

Joseph Daatselaar has studied alternative micro-porous membranes and has compared these with current ion-conducting membranes. For this purpose he has built a test cell in which the potentials during the electrochemical conversion can be accurately determined. He also monitored incoming and outgoing gas flows.

He measures the potentials in a) electrochemical cells with two standard membranes, Fumasep and Nafion, that respectively conduct anions and cations and do not allow gas molecules to penetrate, b) cells with two micro-porous membranes with pores of respectively 3 and 0.4 micrometers and c) a cell without separating membrane. As expected, the CO production does not work well without a membrane, but although the pores in the porous membranes are much larger than the gas molecules, the CO production here works with high selectivity.

By analyzing the different potentials at different current densities, Mr Daatselaar accurately determines where in the electrochemical cell losses occur and he can determine the efficiency of the five different configurations. Surprisingly, the much cheaper porous membranes appear to perform just as efficiently or even better than the current ion-conducting membranes.

Two micro-porous membranes with different pore diameters have now been tested, thinner membranes should also be investigated according to Mr Daatselaar and the lifespan of the membranes is also important. Further experiments are certainly needed before one can use these membranes in the electrochemical conversion of CO₂, but a very important step has been taken.

The experiments have been very carefully planned and executed, the investigated current density is in the industrially relevant area and the data have been very carefully analyzed and summarized. Clear language, critical analysis of possible errors and clear graphics make this report very impressive. According to the jury it could easily be sent to a scientific journal, chapeau. The jury considers this special achievement worthy of the first prize of the Gas Industry Prize 2020.

2^e Prijs: N. (Nick) Kimman MSc, TU Delft

Power-to-gas efficiency of a hydrogen back-up system governed by interruptible sources and services

Windmolens zijn de toekomst. In grote delen van de Noordzee worden windmolens gebouwd om aan onze toekomstige energiebehoefte te kunnen voldoen. Maar windmolens hebben één nadeel: het waait niet altijd, en dan stopt de stroomvoorziening. Dat kan natuurlijk niet, dus bij windstilte moet de stroom ergens anders vandaan komen. Batterijen? Voor korte stroomonderbrekingen lukt dat wel, maar voor hele seizoenen, zoals in de zomer wanneer het minder waait, is dat geen oplossing.

Nick Kimman heeft gerekend aan een andere oplossing: waterstof. Waterstof is net als aardgas een brandbaar gas, maar bij de verbranding komt geen CO₂ vrij, alleen water. Maar terwijl aardgas van nature in de ondergrond voorkomt, kun je waterstof niet opboren: je moet het eerst maken voordat je het kunt verbranden. Waaruit maak je waterstof? Uit water. Dat klinkt onlogisch: je maakt waterstof uit water, en als je het verbrandt krijg je weer water terug. Waterstof wordt gemaakt in zogenaamde electrolyzers, waarin water middels elektriciteit wordt ontbonden in waterstof en zuurstof. Het maken van waterstof uit water kost dus energie, de verbranding levert weer energie op. Hoe organiseer je het nu zo dat de energiewinst uiteindelijk toch positief uitvalt? Door de overtollige energie die overblijft als de windmolens méér stroom leveren dan je op dat moment nodig hebt, te gebruiken voor die electrolyse. Je kunt natuurlijk ook gewoon elektriciteit van het net gebruiken, maar die is nog vaak met fossiele grondstoffen opgewekt. Waterstof is trouwens sowieso nodig voor de chemische industrie, vooral voor het maken van kunstmest. Die hebben een constante toevoer van waterstof nodig.

Goed, dan heb je waterstof geproduceerd met een electrolyser, maar wat dan? Je moet het kunnen bewaren voor de momenten van windstilte. Waterstof is heel licht, het neemt enorme volumes in. Je kunt het samenpersen in cilinders of in tanks, maar dan heb je nog steeds niet genoeg ruimte om het te bewaren. De oplossing waar Nick aan gerekend heeft is: ondergronds opslaan in lege gasvelden en lege zoutkoepels, daar zijn er veel van in de Noordzeebodem en op het land. Daar moet het wel langs pijpleidingen naar toe gepompt worden. Al met al wordt het zo een kostbare zaak.

Nick heeft met een elegant simulatiemodel de voors en tegens van deze oplossingen magistraal uitgewerkt, zowel de technische kant als de economische kant. Uit zijn model blijkt dat het grootste energieverlies optreedt als het net niet hard genoeg waait om energie voor de electrolyzers te leveren. Wat dat betreft is stroom van het net om waterstof te maken voordeliger, afhankelijk van de prijs. De electrolyzers leveren ook maar twee derde van de energie die erin gestopt wordt om waterstof te maken: een belangrijke verliespost. Bij de overige componenten van het systeem treden geen grote verliezen op. Dit alles vergt enorme investeringen, die het beste door de huidige oliemaatschappijen opgebracht kunnen worden.

De jury was zeer onder de indruk van de grondige en systematische opzet van zijn onderzoek, de scherpte van zijn analyse, de helderheid van zijn taal en de doeltreffende illustraties. Hij heeft daarmee een buitengewoon belangrijke bijdrage geleverd aan het ontwerpen van de energietransitie. Hij verdient daarom de tweede prijs van de Gasindustrieprijs 2020.

3^e Prijs: O.C. (Oscar) Meijer MSc, TU Eindhoven

3D Modelling and validation of boiler emissions using the Flamelet Generated Manifold technique

Koolmonoxide is een sluipmoordenaar. Volgens de brandweer sterven jaarlijks 10 tot 15 mensen aan koolmonoxidevergiftiging en belanden enkele honderden mensen in het ziekenhuis. Een verkeerd geïnstalleerd, kapot of slecht werkend verbrandingstoestel, werkend op aardgas, is daarbij een van de meest voorkomende oorzaken. Nederland moet in 2050 aardgasvrij zijn. Dat gaat niet in één keer: de meeste huizen zijn waarschijnlijk pas na 2030 aan de beurt en er is dan ook veel vraag naar gasketels die minder koolmonoxide produceren.

Oscar Meijer heeft dit probleem bij de bron aangepakt en beschrijft in zijn afstudeerscriptie een driedimensionaal model van de hele verbrandingsketel. Eerst heeft hij een nieuwe methode voor de beschrijving van de vlamchemie, de zogenaamde Flamelet Generated Manifold, uitgebreid met een module om koolmonoxide te voorspellen, vervolgens heeft hij in Italië bij een branderfabrikant (Polidoro) experimenten uitgevoerd om de simulaties te valideren en tenslotte heeft hij de interactie met de warmtewisselaar gemodelleerd, waaruit ontwerpspecificaties kwamen die in toekomstige ketels de mate van CO-productie kunnen minimaliseren. Een voorbeeld van systeemintegratie, waar de gasindustrie naar streeft! Zijn hoogleraar Philip de Goey noemt Oscar een uitzonderlijk talentvol ingenieur die prachtig afstudeerwerk heeft verricht.

Ook de afstudeercommissie was heel lovend over dit afstudeerproject en heeft het met het cijfer 9 beloond. Daarnaast waren de cijfers van Oscar Meijer voor zijn andere projecten en vakken dermate hoog dat hij het diploma voor Werktuigbouwkundig ingenieur met een Cum Laude heeft ontvangen. De Italiaanse branderfabrikant Polidoro had hem graag aan het bedrijf willen verbinden, maar Oscar Meijer heeft er toch voor gekozen in Nederland te blijven en is bij een patentbureau in dienst getreden als octrooigemachtigde.

De jury van de Gasindustrieprijs 2020 heeft lang over dit verslag gesproken. Niet alle juryleden waren ervan overtuigd dat in deze fase van de energietransitie onderzoek naar de verbranding van aardgas relevant is. Uiteindelijk heeft de kwaliteit en de breedte van het werk de doorslag gegeven om Oscar Meijer een eervolle derde prijs toe te kennen.

Prof. dr. E.H. (Ekkens) Brück , hoogleraar fundamentele aspecten van materialen en energie Technische Universiteit Delft

Prof. dr. S.B. (Salomon) Kroonenberg, emeritus-hoogleraar geologie Technische Universiteit Delft

Prof. dr. ir. A.A. (Anton) van Steenhoven, emeritus-hoogleraar werktuigkundige energie- en procestechnologie Technische Universiteit Eindhoven

De jury vergaderde op 16 oktober 2020 onder leiding van Drs. E.M.W.A. (Els) van Odijk, directeur KHMW. Daarnaast waren ter vergadering aanwezig Prof. dr. A.P. (Ad) IJzerman, secretaris natuurwetenschappen en Drs. S. (Saskia) van Manen, secretaris.