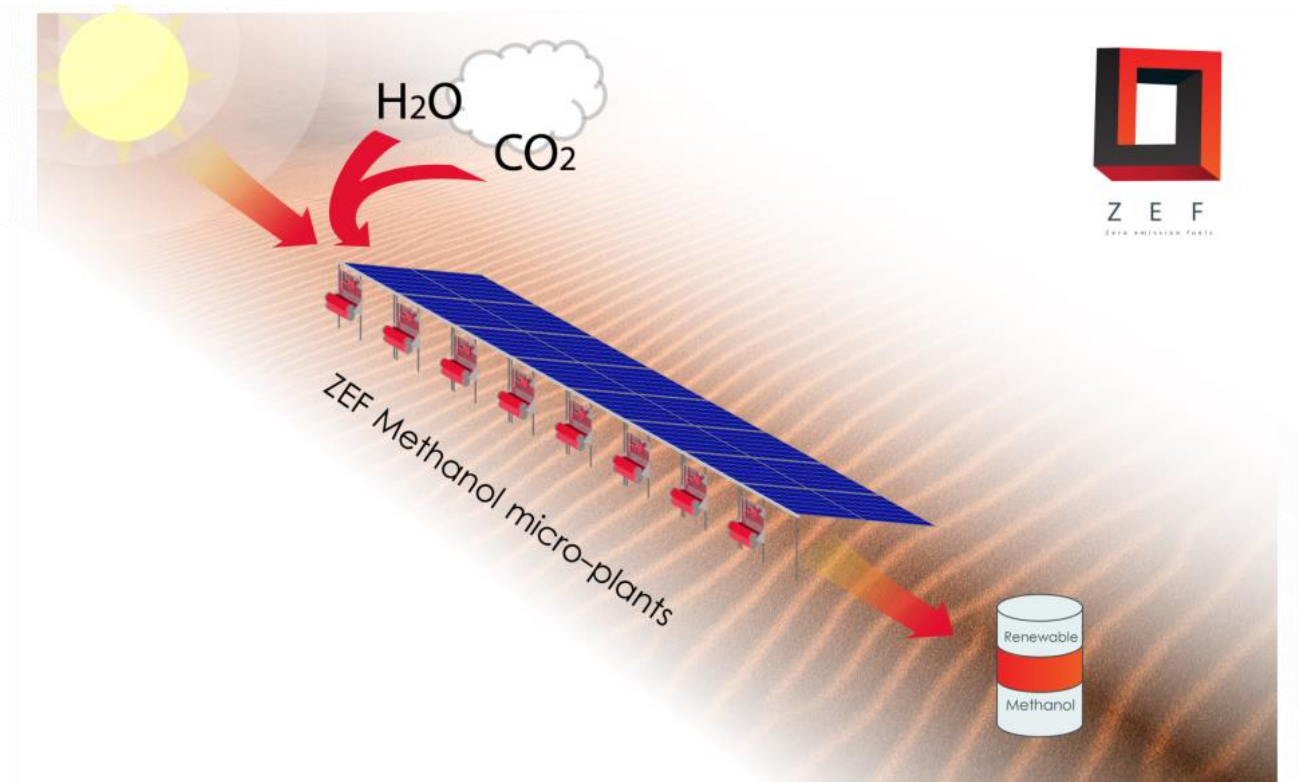


Openbaar eindrapport Topsector Energie-studies 2018

TESN118001

Economically feasible renewable methanol production from air (CO_2) and sun

Economisch haalbare duurzame methanolproductie vanuit lucht (CO_2) en zon.



Openbaar eindrapport

Project nummer

TESN118001

Project titel

Economisch haalbare hernieuwbare methanol productie van lucht (CO₂) en zon

Deelnemers

1. ZEF B.V. (penvoerder)
2. Promolding B.V.
3. TU Delft (in kind)

Project periode

De haalbaarheidsstudie is uitgevoerd tussen 4 April 2018 and 1 December 2018.

Samenvatting uitgangspunten

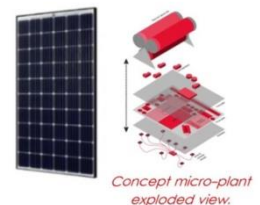
De vraag naar duurzame koolwaterstoffen

80%* van het wereldwijde energieverbruik komt nog altijd van fossiele bronnen zoals olie, gas en kolen. Elektriciteit wordt steeds vaker duurzaam opgewekt, maar representeert slechts 20%-25% van de totale energiebehoefte. Er is een grote behoefte aan betaalbare duurzame brandstoffen. Met name voor moeilijk te elektrificeren voertuigen zoals schepen, (lange afstand) trucks en vliegtuigen zijn duurzame alternatieven noodzakelijk. Ook voor het bestaande wagenpark biedt duurzaam geproduceerde vloeibare brandstof een goede oplossing. Duurzame brandstof kan worden bijgemengd met fossiele brandstoffen. Voor de energietransitie is daarnaast goedkope opslag en distributie van duurzame elektriciteit een uitdaging.

ZEF oplossing: De micro-plant

ZEF heeft een technisch economische haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar betaalbare duurzame methanolproductie vanuit lucht (water en CO₂) met een zonnepaneel als enige energiebron. De ZEF oplossing is een micro-fabriek bestaande uit een CO₂ afvang unit, een kleine compressor, een kleinschalige electrolyzer en een methanol reactor met een distillatie systeem.

Door bevestiging van de micro-plant aan een zonnepaneel kan de goedkope "off-grid" zonne-energie "direct" worden omgezet in methanol: een rugzakje aan een zonnepaneel. De volledig duurzame methanol kan in grootschalige solar-methanol parken (van bijvoorbeeld 12 MW : 40.000 panelen & 40.000 micro-plants) goedkoop worden geproduceerd.



Duurzame methanol

Methanol kan eenvoudig worden opgeslagen en getransporteerd.. Methanol is een bestaande "bulk commodity" van ongeveer 80 miljoen ton per jaar. Methanol wordt voor de vervaardiging van chemische producten gebruikt en voor energie toepassingen: brandstof, brandstofbijmenging voor voertuigen (auto's / trucks/ schepen), gasturbines (elektriciteit bij piekbelasting), fuel cells. Duurzame methanol wordt toegepast in de bestaande infrastructuur in tegenstelling tot benodigde aanpassingen aan duurzame alternatieven zoals waterstof (opslag/ tank stations/ motoren) of elektriciteit (laadpalen/ elektromotoren) voor voertuigen.

Volledige recycling van CO₂

Doordat de micro-plant de CO₂ die bij verbranding van de methanol in een verbrandingsmotor vrijkomt uit de lucht afvangt (in de zon-rijke gebieden) ontstaat een "closed carbon loop". Omdat alleen zonne-energie wordt voor de gebruikt voor het proces is de methanol volledig duurzaam. CO₂ afvang bij industriële bronnen levert in de totale cyclus slechts een besparing van 50% CO₂ uitstoot op: wanneer de methanol in een verbrandingsmotor wordt gebruikt zal de CO₂ alsnog in de atmosfeer terecht komen.

Productietechnologie van duurzame methanol

De technologiesystemen voor volledige duurzame methanol productie bestaan. Zonnepanelen, CO₂ afvang-systemen, electrolyzers en methanol reactoren (CO₂ naar methanol) zijn beschikbaar.

Wanneer deze systemen worden gecombineerd zijn de productiekosten alleen 3 tot 10 keer duurder dan methanol productie vanuit gas of kolen. De echte uitdaging voor volledig duurzame methanolproductie is technisch economisch: is een betaalbare productie van volledig duurzame methanol mogelijk?

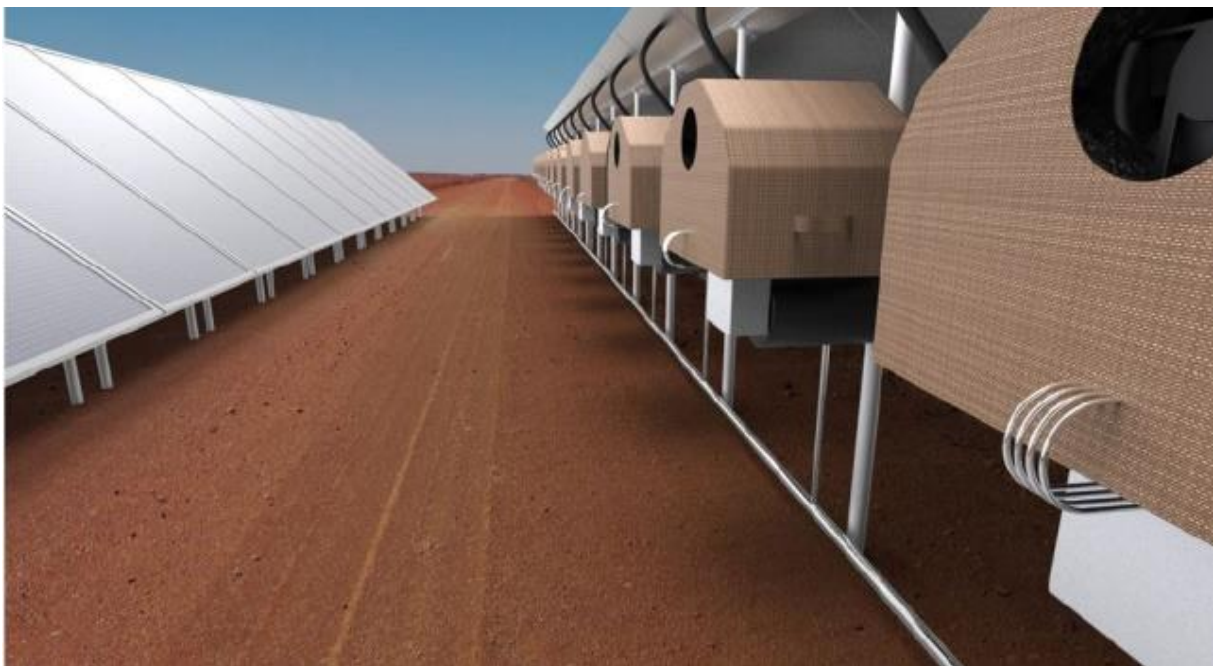
De hoge productiekosten worden veroorzaakt doordat:

- 1) De bestaande methanolreactoren op continue (24h) productie zijn ingesteld. Goedkope duurzame energiebronnen zoals wind en zon fluctueren zodat kostbare opslag van elektriciteit of waterstof nodig is om deze pieken en dalen op te vangen.
- 2) Electrolyzers (nog) kostbaar zijn door de beperkte marktomvang en hoge complexiteit.
- 3) CO₂ afvangunits voor afvang uit atmosferische lucht relatief kort op de markt zijn en daardoor nog kostbaar zijn. Ook de energie efficiëntie is nog niet optimaal.
- 4) Duurzame energie op veel locaties nog kostbaar is.

Betaalbare productie van duurzame methanol

Het micro-fabriekje van ZEF lost een aantal problemen op.

- 1) De hele fabriek kan dynamisch opereren en volgt zo de fluctuaties van de zonne-energie.
- 2) Door de kleine maatvoering kunnen massa productietechnieken worden toegepast (zoals spuitgieten) en kan het aantal onderdelen worden gereduceerd.
- 3) Een productielocatie bestaat uit minimaal 40.000 kleine fabriekjes. Daarmee is de oplossing extreem schaalbaar. “numbering up” in plaats van “scaling up”.
- 4) Snellere ontwikkeltijd en lage ontwikkelkosten. Korte ontwikkelcycli zijn mogelijk door de kleine schaal en opschaalrisico's worden vermeden. Een prototype kost enkele duizenden euro's, geen miljoenen.
- 5) Doordat volledig “off-grid” kan worden geproduceerd (elektriciteitsnetwerk is niet nodig) kan de allergegoedkoopste (zonne-)energie ter wereld worden gebruikt: zonne-energie aan de achterkant van het paneel, voordat de energie de “grid” op gaat.
- 6) De methanolfabriek heeft als grondstoffen alleen gratis zon en lucht nodig. Grondstofrisico's en fluctuerende productieprijzen worden voorkomen. De kosten voor apparatuur (zonnepanelen, rekken en micro-plants en opslagtanks) bepalen grotendeels de productiekosten. De fabriek wordt automatisch dynamisch aangestuurd.



Doelstelling haalbaarheidsstudie

Doelstelling van de haalbaarheidsstudie is een technisch- economische analyse van het ZEF micro-fabriek concept. De studie bevat 3 onderdelen:

1. Technische haalbaarheid van het micro-fabriekje: Kan de benodigde efficiëntie worden behaald en zijn de kleinschalige sub-processen technisch haalbaar?

Van negen (9) sub-systemen in de “micro-plant” zullen R&D onderzoek worden uitgevoerd, ontwerpen worden gemaakt, prototypes worden gebouwd en (deel)testen worden uitgevoerd.

Een productontwikkelings roadmap zal worden opgeleverd aan het einde van de studie.

2. Productiekosten van het product: Wat is de kostprijs verwachting bij hogere productieaantallen? Er zullen verschillende kostprijsanalyses worden gemaakt in de studie. Het aantal componenten, materiaalonderzoek, productieproces inventarisatie, ontwerp aanpassingen, toeleverings onderdelen analyse en een optimale afmetingen-analyse zullen worden gemaakt om de productiekosten analyse voor de micro-plant te kunnen maken.

3. Technisch economische validatie van duurzame methanol productie in een zonne- metanol park:

Is productie van betaalbare methanol productie met het micro fabriek concept haalbaar en hoe verhouden de productiekosten zich met concurrerende routes van (duurzame) methanol productie.

Een analyse van zonne energie farms, een concurrentie analyse, financiële modellen en een businessplan zullen worden opgeleverd.

Het einddoel van deze studie is een “go/no” go beslissing voor verdere continuering van de ontwikkeling van de micro-plant. Bij een positief resultaat zal een O&O Project een logisch vervolg zijn.

Samenwerkende partijen

De haalbaarheidsstudie is uitgevoerd door ZEF B.V., Promolding B.V. en de Technische universiteit Delft. ZEF en Promolding hebben de studie uitgevoerd. De TU Delft heeft faciliteiten ter beschikking gesteld. Promolding heeft zich op de produceerbaarheid en de productiekosten gericht. ZEF heeft het businessplan geschreven en de technische validatie uitgevoerd.

ZEF bestaat naast de drie oprichters uit multidisciplinaire studenten teams. Team ZEF 2 (jan-juli 2018) bestond uit 25 studenten. Team ZEF 3 (juli- december) bestond uit 28 studenten. De teams zijn een mix van MBO/HBO/WO studenten van verschillende (technische) opleidingen. Naast de oprichters van ZEF worden de studenten begeleid door experts van de TU Delft, de Universiteit Twente, TNO en het bedrijfsleven.



Beschrijving behaalde resultaten, knelpunten en perspectief

Technische validatie

In de haalbaarheidsstudie zijn 9 subsystemen van de micro-plant geanalyseerd, gebouwd en getest:

1. Micro-methanol reactor prototype is ontworpen gebouwd ((2x)en gevalideerd.
2. Micro-distillatieprototype is ontworpen, gebouwd (2x) en gevalideerd.
3. CO₂ afvang prototype is ontworpen, gebouwd (2x) en gevalideerd.
4. Micro-electrolyzer prototype is ontworpen, gebouwd (2x) en gevalideerd.
5. Compositie sensor prototype is ontworpen, gebouwd en gevalideerd.
6. Kleppen en sensoren prototypes zijn ontworpen en gevalideerd.
7. Micro-compressor prototype is ontworpen, gebouwd en gevalideerd.
8. Solar power management systeem is verder gevalideerd.
9. Dynamische modellen en software zijn ontwikkeld en de (theoretische) efficiëntie is gevalideerd.

- **Resultaat:**

De technische evaluatie is positief. Er zijn vanzelfsprekend nog diverse technische uitdagingen in de verdere productontwikkeling van de micro-plant, maar er zijn tot op heden geen “no/go” gebieden geïdentificeerd. Er is een realistische productontwikkelings roadmap opgesteld voor de verdere productontwikkeling van de ZEF micro-plant.

Kostprijs analyse

Samen met Promolding is een productie-kostenanalyse gemaakt van het micro-fabriekje. Hernieuwde ontwerpconcepten (kostenreductie), optimalisatie van het ontwerp voor produceerbaarheid, en materiaalonderzoeken zijn uitgevoerd. Materiaalkosten, mal kosten en verschillende productie-technieken zijn onderzocht zodat een goede inschatting van de productie en assemblagekosten mogelijk was.

- **Resultaat:** De op de huidige conceptontwerpen geïnspireerde productiecosten zijn conform de gestelde doelen. Er zullen nog een aantal productontwikkelingsstappen moeten worden gemaakt om de target kosten daadwerkelijk te realiseren. Dit is in de productontwikkelings roadmap meegenomen. De productkosten zijn in het financiële model van het businessplan meegenomen

Technisch-economische analyse

De productiecosten voor, volledig duurzame methanol productie in solar-methanol farms door ZEF micro-fabriekjes, is onderzocht en gevalideerd. Kostprijs analyses van zonne-farms in verschillende regio's zijn gemaakt. Daarnaast zijn financiële modellen ontwikkeld voor de berekening van productie en transportkosten en er is een uitgebreid businessplan opgesteld.

- **Resultaat:** De gestelde doelen zijn gehaald. Het businessplan en de modellen geven een goede indicatie van de verwachte productiecosten en positie t.o.v. concurrentie en alternatieve productieroutes. Daarnaast is er een uitgebreide markt analyse gemaakt. Alle resultaten zijn samengevoegd in een uitgebreid (vertrouwelijk) businessplan van 80 pagina's.

Knelpunten

- Tijdens het project is het oorspronkelijke concept voor de CO₂ afvang unit gewijzigd. Het resultaat is een simpeler (goedkoper) systeem met een hogere energie efficiency. Er zullen extra iteraties van dit systeem nodig zijn om het systeem verder te valideren.
- Er hebben ongeveer dubbel zoveel studenten aan de haalbaarheidsstudie meegewerkt dan oorspronkelijk gepland. Daarmee is de uitgebreide eerste technische validatie binnen de projectduur afgerond.
- De hogedruksystemen: methanol reactor, electrolyzer en compressor (50 bar) hebben voor behoorlijke uitdagingen gezorgd binnen de korte realisatie termijn van de studie. Ook de kosten van de prototypes zijn daarmee hoger uitgevallen dan oorspronkelijk in het budget opgenomen. De meerkosten zijn door ZEF betaald.

Perspectief

Het enthousiasme om met de micro-plant een significante rol in de energietransitie te kunnen spelen is verder toegenomen. Er zijn nog behoorlijke uitdagingen in de technische ontwikkeling en de realisatie van zonne-methanol farms (politiek/ economisch). De uitdagingen zijn helder gemaakt in de haalbaarheidsstudie. Er is samen met onderzoeksinstituten en bedrijven een CCUS subsidie aangevraagd voor de verdere ontwikkeling van de micro-plant. Een geheel geïntegreerd prototype van de micro-plant staat gepland voor juli 2020.

Bijdrage aan duurzame energiehouding en versterking kennispositie

Duurzame energiehouding

De micro-plant biedt een volledige recycling van CO₂. Daarnaast is de oplossing snel schaalbaar en direct toepasbaar in de markt (brandstof bijmenging) zonder grote infrastructurele wijzingen.

Door gebruik te maken van de goedkoopste zonne-energie, energie efficiëntie en massaproductie is betaalbare productie van duurzame methanol mogelijk. De eenvoud van opslag, transporteerbaarheid en feit dat methanol een bestaand bulkgoed is, maakt duurzame methanol een ideale oplossing.

Versterking kennispositie

Samenwerking met diverse kennisinstellingen, experts, industriële partners en jonge technische studenten van verschillende faculteiten en onderwijsinstellingen zorgt automatisch voor in een snelle verspreiding en ontwikkeling van kennis. Door de integratie van verschillende systemen in een product betreft de kennis een breed scala aan technologie. Juist de voor de chemie ongebruikelijke kleine schaal van systemen (productontwikkeling i.p.v. engineering) en dynamische besturing resulteert in interessante nieuwe kennis. Er is patent aangevraagd op de technologie.

Spinn off binnen en buiten de sector

De verschillende technologische sub-systemen zijn ook afzonderlijk toepasbaar en kunnen in andere business concepten worden gebruikt. Het CO₂ afvang systeem, de electrolyzer productie technologie de elektroden, en de reactor concepten zijn ook in processen op andere schaal of in andere combinaties mogelijk. Dit geldt ook voor de dynamische besturing en software van het systeem. De kleine schaal van de fabriekjes en opschaling door "numbering up" is eveneens interessant voor andere toepassingen. Het werken met grote, multidisciplinaire studententeams van verschillende onderwijsinstellingen en verschillende vakgebieden biedt interessante mogelijkheden voor onderwijs, productontwikkeling en spinn-offs.

Overzicht publicaties

De ontwikkeling van de micro-plant is grotendeels vertrouwelijk, waardoor het aantal publicaties nog beperkt is. De productontwikkelingstijd van de micro-plant is nog aanzienlijk. Aan het einde van Team ZEF 6 (juli 2020) verwachten ZEF het geïntegreerde prototype van de micro-plant te kunnen presenteren. Het openbare rapport is beschikbaar. RVO heeft een artikel over het TSE project gemaakt en gepubliceerd.

Meer info

Contactpersoon: dhr. H.Jongebreur
hessel@zeroemissionfuels.com

Subsidie

Het project is uitgevoerd met subsidie van het ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen energiesubsidies Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.