

Openbaar Eindrapport

Thermal Catalytical Reforming Early Adopter Project (TCR-EAP)

Proof of Concept van de TCR technologie



19 januari 2016

Een bijdrage aan het TKI-IPST programma “Proces/System analysis and design”.

Thor Biocrude B.V.
Stadhouderskade 140
1074 BA Amsterdam

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

0. Openbare samenvatting

Doel van het project

Doel van dit Thermal Catalytical Reforming Early Adopter Project (TCR-EAP) is om barrières bij eerste potentiële klanten weg te nemen. Het project draagt daarmee bij aan de TKI ISPT programmalijn "Proces/Systeem analyse en ontwerp" richting een doorbraak in efficiënter energie- en bioafvalgebruik met TCR.

Aanleiding -

Om industriële spelers te laten investeren in een TCR unit is het noodzakelijk om te bewijzen dat:

1. Klantspecifieke bio-grondstof kan worden verwerkt
2. Het TCR-proces kan worden geïntegreerd in klantspecifieke processen
3. Het TCR-proces duurzamer/zuiniger is dan huidige klantprocessen (of gebruikte grondstoffen), alsmede concurrerend is met alternatieve oplossingen.

Korte omschrijving

De beoogde werkzaamheden in dit EAP richten zich op de procesopbrengst (WP2), de productkwaliteit (WP3) en de daarmee samenhangende proceseconomie (WP4) aan de hand van kleinschalige testen in reële stromen. Thor Biocrude wordt de werkmaatschappij en houder van in nieuwe projecten opgedane foreground IP. Bij het project zijn technische consultants Energetec (projectmanager) en RO Energy (CTO) betrokken. Spring Associates zorgt voor strategische en technische consultatie en voor de financiering van toekomstige eerste TCR plants. In dit EAP voorstel worden kleinschalige testen gedaan en techno-economisch geëvalueerd met Afval Energie Bedrijf Amsterdam (AEB) en SABIC.

Resultaat

De beoogde resultaten van dit EAP zijn:

1. Een designstudie voor de integratie van TCR in klantprocessen.
2. Karakterisatie van TCR biocrudes uit bio-feedstock van potentiële klanten.
3. Evaluatie van het business model van TCR en van potentiële klanten.

Met deze resultaten kunnen potentiële klanten een gewogen beslissing nemen om te investeren in een eerste TCR toepassing.

1. Project gegevens

Project naam: Thermal Catalytical Reforming Early Adopter Project (TCR-EAP)

Referentienummer: TEEI114006

Project Coordinator: Thor Biocrude B.V.

Deelnemer 1: Energetec VOF

Deelnemer 2: Biofuel B.V.

Deelnemer 3: RO Energy B.V.

Deelnemer 4: Spring Associates B.V.

Deelnemer 5: AEB Exploitatie B.V.

Deelnemer 6: SABIC Petrochemicals B.V.

2. Deelnemers

Naam deelnemer	Type organisatie	Rol in het project
Thor Biocrude BV	MKB	Uitvoering pilot testen Contracting met eindgebruikers
Energetec vof	MKB	Project management.
RO Energy BV	MKB	Uitvoering van de pilotprojecten
Spring Associates BV	MKB	Business development.
AEB Exploitatie BV	Groot Bedrijf	Potentiële klant, Leverancier van nat organisch afval
Sabic Petrochemicals BV	Groot Bedrijf	Potentiële klant, Afnemer van de biocrude

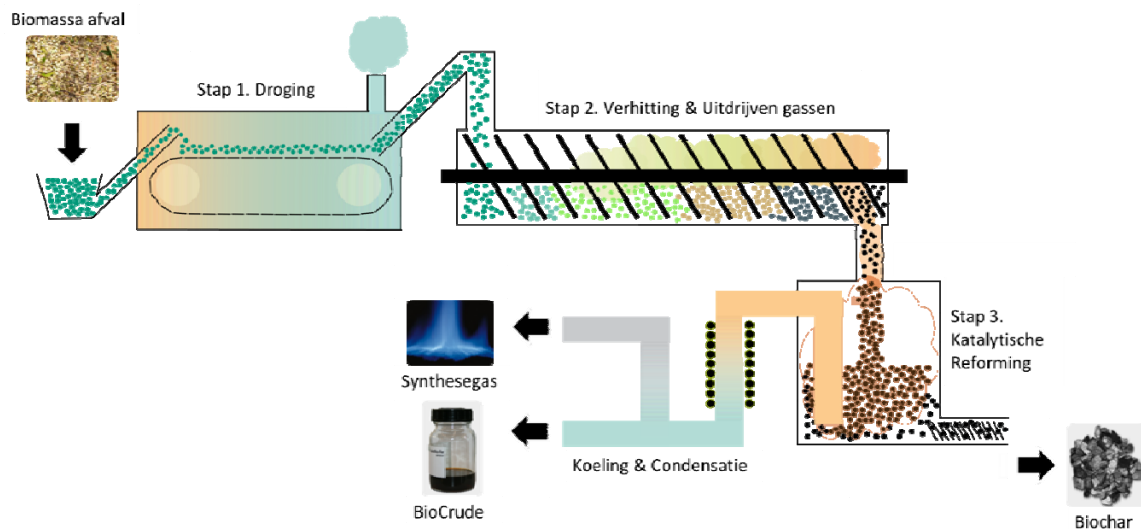
3. Algemene informatie

Thor Biocrude is bezig met het doorontwikkelen voor laagwaardige biocrudes en commercialiseren van de door het Fraunhofer Instituut UMSICHT in Sulzbach-Rosenberg ontwikkelde innovatieve TCR technologie (Thermal Catalytical Reforming). Met deze technologie kan laagwaardige, natte biomassa middels thermo-katalytische conversie wordt omgezet in hoogwaardige bio-crude, synthesegas en bio-char. Grondstoffen die deze technologie naar verwachting in de toekomst op commerciële schaal kan verwerken (en die reeds zijn geest in de installatie) zijn o.a.

- Vergistingsresiduen van bv. biogasinstallaties, bio-ethanolabrieken en afvalwaterzuiveringen
- Afval van land- en bosbouw, zoals snoeihout, zaagsel, groenafval en afval van landschapsbeheer
- Mest (zowel droog als nat)
- Koolstofhoudende fractie (organisch, plastic, rubber, etc.) van MSW (municipal solid waste)
- Biomassaresiduen uit de industrie, zoals brouwerij-afval, afval uit de verwerking van plantaardige en dierlijke oliën en vetten en afval uit de papierindustrie
- Organisch huishoudelijk afval (GFT-afval)
- Slib uit de papier/pulp industrie ("de-inking sludge")
- Riolslib

De technologie is op te delen in een aantal processtappen. Eerst vindt er een droogstap plaats waarbij biomassa (indien nodig) gedroogd wordt tot een drogestofgehalte van ca. 80%. Het TCR proces produceert warmte en voor het drogen is dus geen externe energiebron nodig. Na het drogen wordt de biomassa langzaam verhit wordt tot ca. 400°C, waarbij er bio-char wordt gevormd en vluchtige organische stoffen (in gasvorm) vrijkomen. Vervolgens wordt de biochar in een katalytische reformer (de TCR-reactor) verder verhit tot ca. 700°C waarna deze werkt als katalysator om de eerder ontstane gassen katalytisch te kraken tot hoogwaardige koolwaterstoffen. Middels stoominjectie wordt tevens de productie van hoogwaardig en waterstofrijk synthesegas gemaximaliseerd. Tenslotte wordt na

afkoeling en condensatie een hoogwaardige olie verkregen met slechts ca. 6% zuurstof. Zie ook onderstaand schema:



De TCR technologie produceert drie hoogwaardige producten:

- Bio-crude met een hoge calorische waarde wat direct gebruikt kan worden als hoogwaardige brandstofcomponent of (na opwerking) als grondstof voor de chemische industrie.
- Synthesegas (waterstof en koolmonoxide), vrijwel vrij van stof, teer en aerosolen. Het is direct geschikt voor de opwekking van energie in WKK of als grondstof voor de productie van bv. methanol of andere hoogwaardige chemische producten. Ook kan synthesegas gebruikt worden als bron van waterstof (voor bv. de toekomstige waterstofeconomie).
- Biochar met een hoge calorische waarde. De biochar is geschikt als brandstof voor het opwekken van elektriciteit en warmte, als bodemverbeteraar in de landbouw of als hoogwaardig filtratiemedium in bv. waterzuiveringsinstallaties.

4. Behaalde resultaten, de knelpunten en het perspectief voor toepassing

Om de TCR technologie te pilottesten is een programma opgesteld waarin 3 afvalstromen zijn voorbereid en middels een laboratorium TCR-reactor zijn omzet naar producten. Deze afvalstromen betreffen de organische fractie uit huishoudelijk afval (OWF), digestaat van huishoudelijk afval (DIG) en rioolslib (PSS).

Om verwerking van deze afvalstromen op de (kleine) laboratoriumreactor mogelijk te maken zijn de grondstoffen in Nederland voorbereid. Ze zijn gedroogd tot minimaal 80% drogestofgehalte, gemalen tot een maximale deeltjesgrootte van 25 mm en vervolgens gecompacteerd middels een pelletiseermachine. Onderstaande fotos 1 tot 3 laten de voorbereide grondstof zien en grafiek 1 laat de gemiddelde samenstelling zien van de voorbereide, geteste grondstoffen. Met name het pelletiseren van het slib was lastiger dan verwacht, gezien het slib tijdens het drogen omgezet werd in rubber/klei-achtige brokken, deze brokken gaven dermate veel wrijving in de droger, dat de motor daarvan zelfs is doorgebrand. In een toekomstig ontwerp moet hiermee rekening gehouden worden.

Deze voorbereide grondstoffen zijn vervolgens naar het laboratorium van Fraunhofer Umsicht te Sulzbach-Rosenberg verstuurd voor verwerking. De omzetting gaf gemiddeld 4 delen synthesegas, 3 delen biochar, 2 delen proceswater en 1 deel olie. Onderstaande foto's 4 tot en met 7 geven een indruk van de geproduceerde olie en van de geproduceerde biochar.



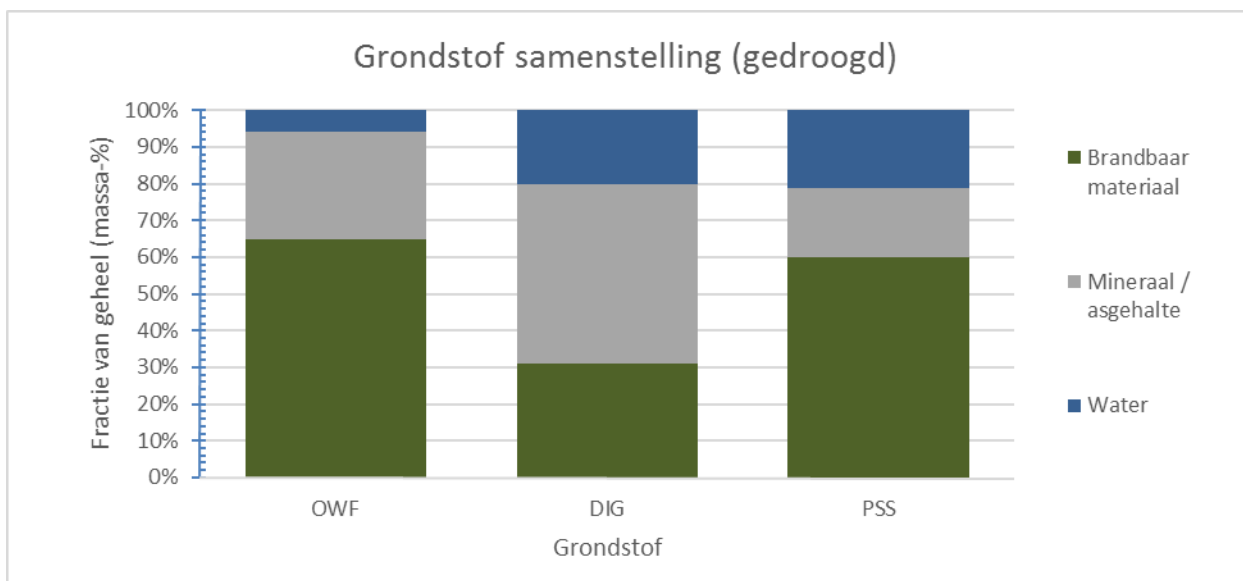
Foto 1. OWF pellets



Foto 2. DIG pellets



Foto 3. PSS pellets



Grafiek 1. Samenstelling voorbereide grondstof.



Foto 4. TCR olie uitgaande van (van links naar rechts) OWF, PSS and DIG

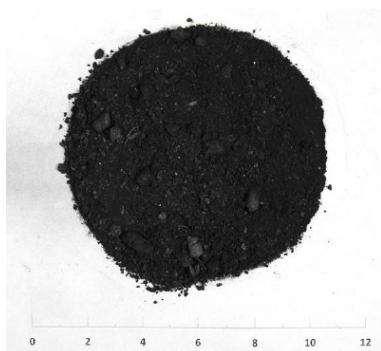


Foto 5. OWF biochar



Foto 6. DIG biochar



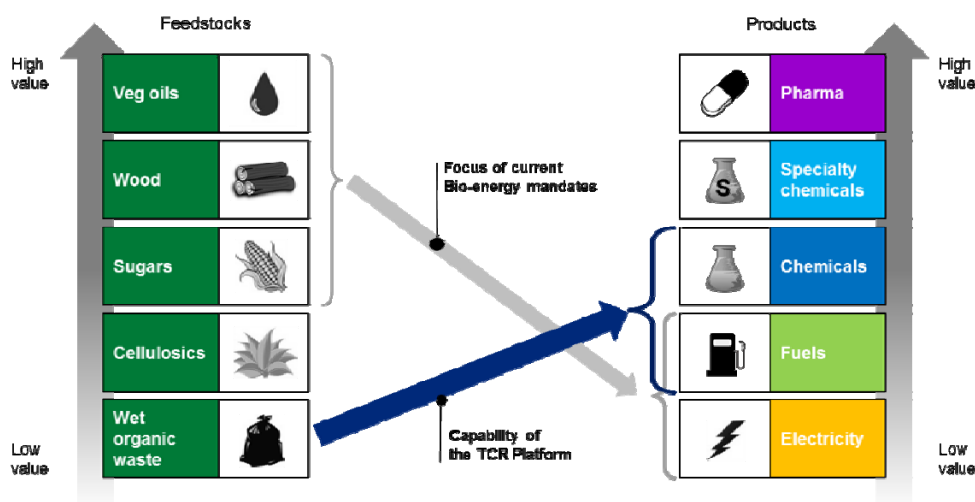
Foto 7. PSS biochar

Uit de bovenstaande foto's 5 tot en met 7 is te zien dat met name bij het gebruik van OWF als grondstof, er een grote mate van verkruiemeling heeft opgetreden. Voor het TCR platform is dit ongewenst, gezien dit tot verstopping van de reactor kan leiden. Bij de andere grondstoffen is dit fenomeen ook waargenomen, maar in mindere mate. De wijze van compactering van de grondstoffen (bv. middels pelletiseren) is blijkbaar zeer belangrijk om verkruiemeling tegen te gaan en hieraan dient meer onderzoek gewijd te worden.

5. Duurzaamheid

Uit dit onderzoek blijkt dat het TCR platform een zeer geschikt platform is om diverse laagwaardige afvalstromen om te zetten naar hoogwaardige producten en schone energie. De onderzochte afvalstromen bestaan met name uit stedelijk afval en gezien de toenemende urbanisatie in de wereld, is de verwachting dat ook dit type afval zal toenemen in volume. Alternatieve oplossingen voor dit type afval zijn storting (wat in Nederland verboden is) en verbranding in een speciale afvalverbrandingsoven. Op de vaak aangehaalde 'Ladder van Lansink' zijn zowel storting als verbranding één van de minst aantrekkelijke opties vanuit een duurzaamheidsoogpunt. Omzetting van deze afvalstromen middels deze TCR technologie naar hoogwaardige producten staat hoger op de genoemde ladder en is derhalve een duurzamer alternatief voor deze afvalstromen.

Bovendien worden op deze manier hernieuwbare grondstoffen gecreëerd die inzetbaar zijn in vrijwel alle gebieden in onze samenleving, waarmee Europa ook minder afhankelijk wordt van fossiele bronnen. Denk aan hernieuwbare vliegtuigbrandstof, hernieuwbare oplosmiddelen en hernieuwbare plastics. Zie ook onderstaande schema.



Schema 1. 'Up-cycling' van afvalstromen middels het TCR-platform

6. Spinoff mogelijkheden

Qua spin-off toepassingen zijn er legio mogelijkheden. Om enkele van die toepassingen te testen is een kleine hoeveelheid TCR olie gehydrogeneerd door de Universiteit van Freiberg (Duitsland), zie foto 8, en hieruit is een heldere en kleurloze vloeistof verkregen die uitermate geschikt is voor de luchtvaart, zeevaart en wegvervoer. Tevens biedt kan deze gehydrogeneerde TCR olie een basis zijn voor hoogwaardige chemicaliën.

Daarnaast worden er door deze technologie ook water-oplosbare organische stoffen geproduceerd, welke na isolatie ingezet zouden kunnen worden in de chemische industrie.

Een andere zeer interessant product is het geproduceerde synthegas. Dit bevat een aanzienlijke hoeveelheid waterstofgas, wat mogelijk in de toekomst ingezet kan worden als zero-emission brandstof in binnensteden of kan worden gebruikt als grondstof voor de productie van bv. groene methanol.



Foto 8. Gehydrogeerde TCR olie

7. Publicaties

Niet van toepassing

Contactpersoon:

Dhr. Ir. A.F. Rosendaal
bart@thor-biocrude.com

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