

Openbaar eindrapport

Gegevens project

- **Projectnummer:** TEBE116218
- **Projecttitel:** "Industriële pilot plant testen mbt het XTL proces"
- **Uitvoering:** Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- **Penvoerder en medeaanvragers:**
 - Penvoerder:** Aram Project Management bv
 - Mede aanvrager:** Van der Kooy Pijnacker bv
- **Projectperiode:** 1 November 2016 tot en met 30 juni 2017, verlenging goedgekeurd tot 31 dec 2017
- **Datum openbaar eindrapport:** 9 maart 2018
- ☑ **Contactpersoon:** dr.ir Rene Kleijntjens (ARAM/XTLgroup)
 - Mob: 06-10884197
 - Mail: r.kleijntjens@xtlgroup.com
 - (ook adres om dit rapport –gratis- per mail aan te vragen)



Samenvatting

De EU heeft voor de transportsector in 2030 heldere uitgangspunten bepaald. Van alle transport opties moet tegen die tijd 14 % duurzaam worden uitgevoerd, waarvan een aanzienlijk deel met “advanced biofuels” gerealiseerd gaat worden. Concreet betekent dit dat er ongeveer 13 miljoen biofuels per jaar uit afvalstoffen geproduceerd moet gaan worden. De industriële ontwikkeling van het XTL proces past binnen deze Europese doelstelling, in dit proces worden afvalstoffen verwerkt.

In 2017 werd de tweede XTL-pilot test uitgevoerd. Afvalvezuren die door Van der Kooy in Oosterhout werden ingezameld zijn hierbij omgezet in tweede generatie biobrandstoffen. Het XTL proces is een katalytisch proces waarbij de chemisch conversie in meerdere stappen plaatsvindt. Het project is uitgevoerd als TKI-BBE-project (TEBE116218) in het kader van Biobased Economy en Groen Gas regeling.

Gedurende de 4 weken durende test (24/7) werd er 1260 liter XTL-producten gemaakt en werd er 82 liter water gevormd. De efficiency bedroeg 85 %. Na destillatie (de laatste stap in het XTL-proces) was de product verhouding: 15 % benzine, 50 % HVO-diesel en 30 % marine diesel.

Tijdens het project werd een optimalisatie uitgevoerd van de verschillende stappen, zo werd het vernieuwde coker-ontwerp getest. Ander thema binnen dit onderzoek was de standtijd van de gekozen katalysatoren. Er is een andere type “ingezwavelde” katalysator gebruikt. Deze keuze heeft een positief effect gehad op de levensduur van deze katalysator.

Deze resultaten hebben geleid tot een voortschrijdend inzicht in de procescondities en daarmee samenhangend tot een vereenvoudiging van het XTL-procesontwerp. De focus zal hiermee komen te liggen op de productie van HVO diesels en marine diesels, vervolgstappen zullen hiermee in lijn zijn.

Inhoudsopgave

- 1 Inleiding
 - 1.1 Achtergrond XTL-proces en advanced biofuels
 - 1.2 Project doelstellingen TKI-project (TEBE116218).

- 2 Werkwijze
 - 2.1 Uitvoering van de werkpakketten
 - 2.2 Keuze voeding voor de 2017 test
 - 2.3 Project-resultaten
 - 2.3.1 Looptijd van de test en totale productievolume
 - 2.3.2 Operationele opzet
 - 2.3.3 Product kwaliteit ruwe XTL (voor destillatie)
 - 2.3.4 Werking van de XTL coker
 - 2.3.5 Massabalans & product yield
 - 2.3.6 Destillatie van ruwe XTL naar de eindproducten
 - 2.3.7 Overall XTL massabalans
 - 2.3.8 Samenstelling van de katalysatoren

 - 2.4 Discussie
 - 2.4.1 Standtijd van de XTL katalysatoren
 - 2.4.2 “Doorkraken” van de vetzuren
 - 2.4.3 Nieuwe configuratie: XTL dieselproces

 - 2.5 Uitvoering project

 - 2.6 Discussie & conclusie

- 3 Spin off
 - 3.1.1 XTL Planning 2018
 - 3.1.2 XTL Planning 2019
 - 3.2 Spin off binnen/buiten de sector

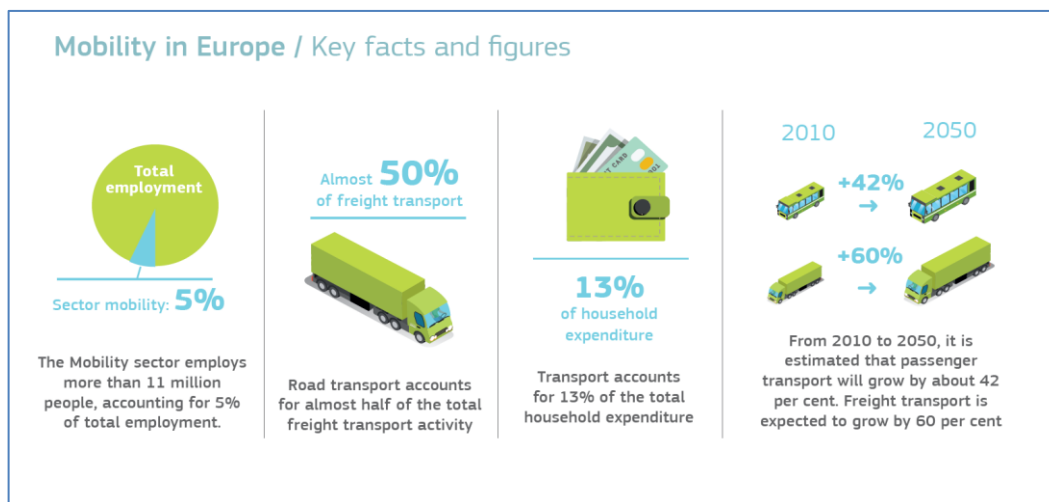
- 4 Openbare publicaties

Literatuurlijst

1 Inleiding

1.1 Achtergrond XTL-proces en advanced biofuels

De transport sector neemt binnen de Nederlandse economie een steeds belangrijkere plaats in. Onderstaande figuur (1) geeft de basiscijfers weer binnen de EU waarbij ook in de toekomst transport zal groeien. In de 2030 EU duurzaamheidsdoelstellingen zijn voor de sector transport heldere uitgangspunten uitgezet. Van het totaal moet 14 % duurzaam gerealiseerd worden. Duurzame biobrandstoffen spelen hierin een belangrijke rol. De focus zal komen te liggen op “advanced biofuels” geproduceerd uit afvalstromen. De doelstelling hiervan voor 2030 bedraagt 3,6% wat vertaald voor de EU betekent dat ongeveer 13 miljoen ton biofuels per jaar uit afvalstoffen zal moeten komen. Nederland volgt hierin de EU met als specifieke targets tot 2020 een aandeel van 1% advanced biofuels (zie o.a. de website van de NEA) oplopend tot 3,6 % in 2030.



Figuur 1: EU transport impact (<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/>)

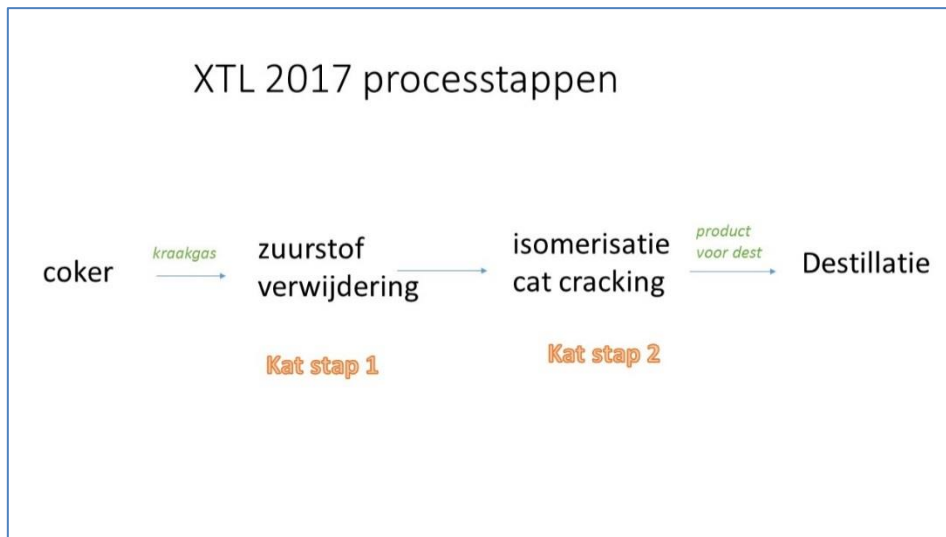
Het XTL-proces is een technologie om vloeibare afvalstromen zoals plantaardige oliën/vetzuren/residuen om te zetten in advanced biofuels die in elke gewenste concentratie kunnen worden bijgemengd. De XTL-eindproducten gedragen zich als minerale brandstoffen waardoor er geen limieten aan de bijmenging zijn verbonden. Deze laatste eigenschap is een groot verschil met de traditionele biodiesel en bio-ethanol. Hiervoor zijn in de EU maximale waarden vastgesteld: 7 % voor biodiesel (B7) en 10 % voor ethanol (E10). Voor deze categorie brandstoffen heeft de EU een speciale brandstofstandaard ontwikkeld (CEN-TS 15940:2012). Als voeding gebruikt XTL de gecertificeerde afvalstromen van Van der Kooy (EU-REDcert-510-75170021).

Het XTL-proces valt onder de categorie “catalytic hydrotreating” met als eindproducten Hydrogenated Vegetable Oils (HVO-fuels). In katalytische processen zoals het XTL-proces is het de bedoeling dat de afwijkende O, N en S hetero-atomen uit het koolwaterstof skelet “verwijderd” worden met waterstof. De zuurstof wordt omgezet met waterstof naar H₂O (hydro-deoxygenation-HDO), de stikstof naar NH₃ (hydrodenitrification-HDN) en zwavel naar H₂S (hydrodesulphurization-HDS).

Industrieel gezien bestaat de meeste ervaring met HDS: het katalytisch ontwavelen van minerale afvalstromen. Op grote schaal wordt dit proces toegepast en aangeboden door diverse partijen zoals Chevron-Lummus, Haldor Topsoe, UOP-LLC, Shell, Exxon. Bij minerale olie gaat het vaak om hoge concentraties zwavel (3-5 %). De zwavel (S) in de olie wordt tijdens het kraken en hydrogenen omgezet zodat er standaard brandstoffen van 10 ppm zwavel worden geproduceerd. De ruime ervaring met minerale ontwaveling heeft geleid tot een breed spectrum aan industriële kennis. Bij katalytische processen is de standtijd een belangrijke eigenschap. Dit is de levensduur van de katalysator, industrieel wordt gestreefd naar

een levensduur van minimaal 6 maanden tot meer dan 1 jaar. Specifiek onderzoek naar HDO en HDN-processen van biologische oliën wordt vooral sinds 2000 gepubliceerd (zie o.a. Kubicka & Horachek, Hensen, Ryymin et al).

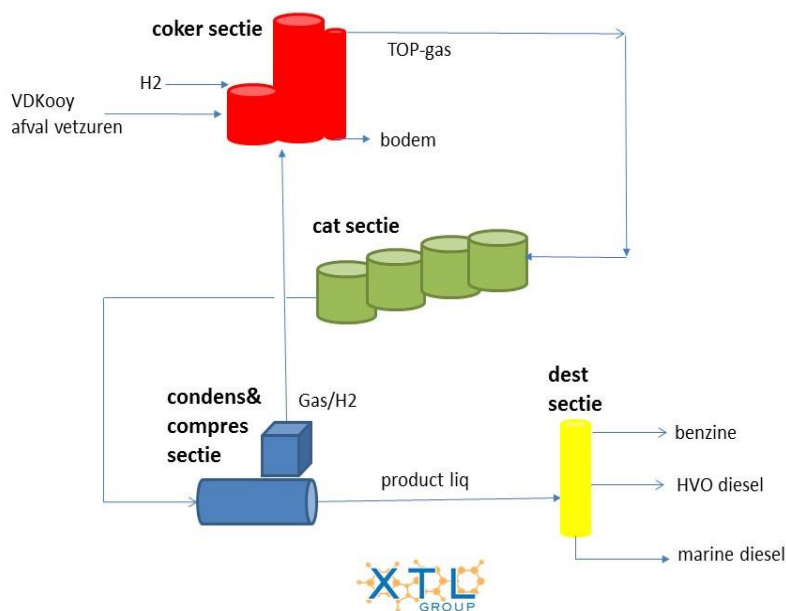
In figuur 2 staat hoe in het XTL-proces na de coker in het eerste katalysedeel de hetero-atomen O,S,N worden verwijderd en hoe daarna in de tweede stap via isomerisatie en cat cracking de benzine en HVO diesels worden gevormd.



Figuur 2: Chemische conversies in het XTL-proces

Figuur 3 geeft de operationele XTL-volgorde aan: uit de coker top (rode deel) stroomt het kraakgas als dampfase in het katalytische deel (groen), hierna vindt condensatie en damprecycling (blauw) plaats en tot slot een destillatie in de brandstoffracties in het gele deel. Het XTL-proces draait non-stop (figuur 4).

XTL-proces: katalytische hydrogenering



Figuur 3: Basisopzet van het XTL-proces

Het XTL-proces is een gemeenschappelijk project van de ARAM Group, Van der Kooy Pijnacker B.V. en Count Companies B.V. Doel is om, via een XTL demonstratieproject, te komen tot een commerciële installatie die een bepaald deel van de Van der Kooy afvalstromen om gaat zetten naar XTL-biofuels (met name HVO's).



Figuur 4: Nachtelijk beeld (het XTL-proces draait 24/7)

1.2 Project doelstellingen TKI-project (TEBE116218).

Werkpakket 1- katalyse, voeding en monitoring

In werkpakket 1 wordt er onderzoek gedaan naar de verschillende opties voor de katalysator(en) en samenstelling van de vetzuren. Aan de hand van deze onderzoeken wordt de pilot-plant omgebouwd naar het nieuwe ontwerp. In de plant zal gebruik gemaakt worden (indien mogelijk) van een in line analyse-apparaat.

Werkpakket 2-functionaliteit

In werkpakket 2 wordt het systeem getest op functionaliteit. Er wordt een initiële test uitgevoerd om te kijken of de activiteiten van werkpakket 1 volledig zijn uitgevoerd.

Werkpakket 3-cat duurtest

In werkpakket 3 wordt het systeem aan een duurtest onderworpen. Het doel van het project is om de productiefaciliteit langdurig te laten draaien. Daarom wordt de opstelling over een langere periode continu inbedrijf gehouden.

Werkpakket 4-analyses & eindrapportage

In werkpakket 4 wordt het project afgesloten. De testresultaten worden geanalyseerd en in de eindrapportage verwerkt. De pilot-plant wordt grondig geïnspecteerd op slijtage en/of corrosie. Alle verworven resultaten worden verwerkt met als resultaat een eindrapport over het langdurig functioneren van de pilot-plant.

2 Werkwijze

2.1 Uitvoering van de werkpakketten

Werkpakket 1- katalyse, voeding en monitoring

- Selectie van de voeding uit de diverse beschikbare Van der Kooy stromen;
- Bestellen van nieuwe katalysatoren
- Het plaatsen van in-line analyse-apparatuur was niet haalbaar. Er is gekozen voor het uitvoeren van externe gas-analyses in een externe partij

Werkpakket 2-functionaliteit

- Verdubbeling van de coker-buis in combinatie met extra waterstof injectiepunten. Doel is om er voor te zorgen dat de dampfase uit de coker langer met waterstof in contact komt zodat de damp beter geconditioneerd de eerste reactor kan instromen
- Opnieuw inrichten van de testlocatie bij VdKooy in Oosterhout conform de milieuvergunning voor het uitvoeren van experimenten;
- Bestelling van de gassen H₂ en N₂ en leveringsplanning;

Werkpakket 3-katalyse duurtest

- Operators en studenten zoeken/aannemen om de test in aug/sept 2017 te bemannen;
- Werkinstructies updaten, operators trainen en planning maken;
- Uitvoeren test in augustus/september;
- Afronden, opruimen testlocatie, leegmaken katalyse bedden en opsturen naar labs.

Werkpakket 4-analyses & eindrapportage

- Afspraken maken i.v.m. het katalyse-onderzoek na afloop maken;
- Uitvoeren analyses

Overige aanpassingen

Procesmatig zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd en staan de volgende aspecten centraal:

- Leegmaken/draineren e.d. van alle aanwezige reactoren/leidingen zodat er een schone start is
- Repareren van bestaande kleppen/pakkingen
- Gas-monitoring via extreme micro GC's
- Focus op product yield(rendement) en productkwaliteit
- Langere levensduur van de katalysatoren
- Meer optimale verhouding H₂/voeding
- Optimalisatie druk en temperatuur en verblijftijden

2.2 Keuze voeding voor de 2017 pilot test

In de 2017 pilot test is gekozen voor een gecertificeerde Van de Kooy vetzuur afvalstroom (figuur 5). Hiermee vallen de XTL eindproducten, in Nederland, onder de categorie "advanced biofuels".

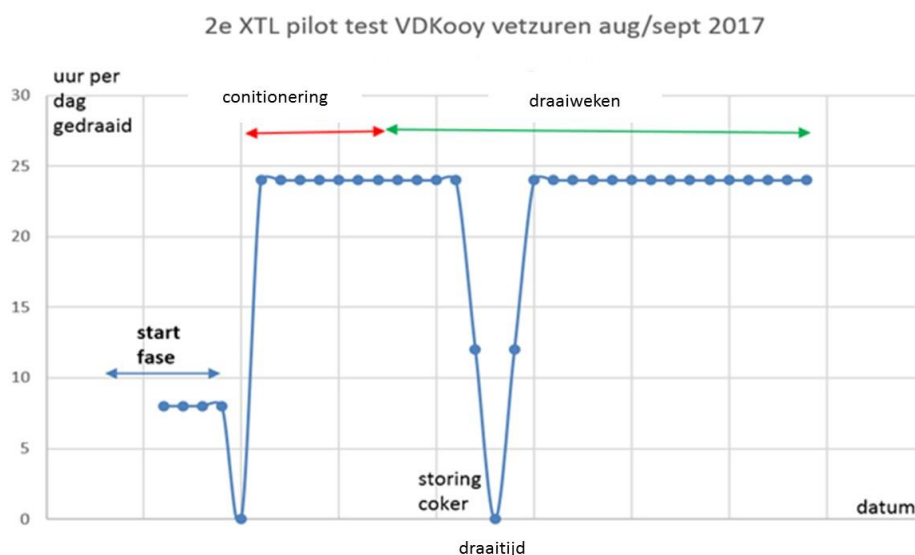


Figuur 5: Opslag tanks Van de Kooy in Oosterhout (Noord Brabant)

2.3 Project-resultaten

2.3.1 Looptijd van de test en totale productievolume

Doel van de 2017 pilot test was om enkele weken met de pilot plant non-stop te draaien. In totaal werd een (1) maand gedraaid waarvan de eerste week volgens protocol is ingeruimd voor procesinstellingen en voorbereidingen van de katalysatoren. De volgende 3 weken kunnen worden betiteld als duurtest. Deze draaitijd (onderbroken door een storing in de 2^e week) wordt aangegeven als “days on stream”. Dit laatste is een belangrijk kengetal omdat voor commerciële toepassingen de levensduur van de katalysatoren doorslaggevend is. Figuur 6 geeft de gerealiseerde draaitijd (24 uur per dag is zonder storing, dit is de Y-as).



Figuur 6: XTL-proces draaischema 2017

Gemiddeld bedroeg de voeding 3,8 liter per uur, het totale volume was 1640 liter. Met een geplande coker bodemdrain van ca 10% en een verwachte dampverlies van ca 5 % betekent dit dus productie van ongeveer 1400 liter XTL fuels.

Gemeten werden er 6 drums van 210 liter dus een productie van 1260 liter XTL fuels (voor destillatie), ca 80 liter water werd apart gemeten, in totaal dus 1340 liter eindproduct. Uit de literatuur is bekend dat het in

katalytische testsystemen vaak lastig is om tot sluitende massabalansen te komen en kunnen resultaten onderling niet goed vergeleken worden vanwege de grote verschillen in procescondities (Eva Turpeinen, 2011).

2.3.2 Operationele opzet

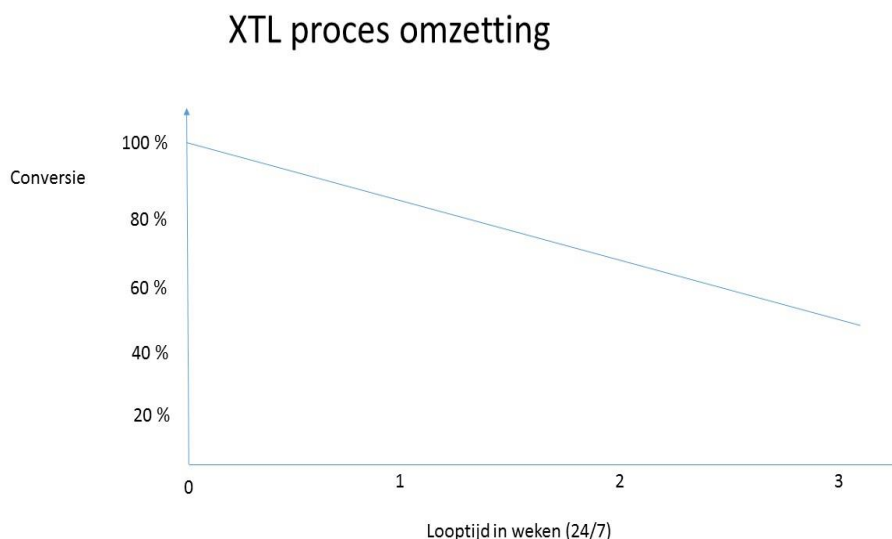
De pilot test was onderverdeeld in een aantal fasen:

- Fase A: cold en hot commissioning pilot plant
- Fase B: voorbereidingen katalysatoren
- Fase C: continue XTL pilot test

In augustus 2017 is het XTL proces opgestart. Het is vrijwel de gehele test gelukt om binnen het “operatie window” te blijven. Incidenteel zijn de procescondities buiten hun operatie gebied gekomen. Echter werd dit ondervangen door adequaat operationeel ingrijpen via het beveiligingssysteem. In week 2 heeft er zich een significante storing voorgedaan waardoor er tijdelijk gestopt moest worden. De verschillende unit operations konden op lichte overdruk gehouden worden, conform de bedieningsvoorschriften van de installatie. Na herstart heeft het proces uiteindelijk tot begin september 2017 gedraaid.

2.3.3 Product kwaliteit ruwe XTL (voor destillatie)

In de figuur 7 zijn de productparameters weergegeven van het XTL eindproduct voor destillatie. Op de X-as staat de draaitijd in dagen met een maximum van ca 3 weken, op de Y as de omzetting van de voeding naar XTL producten.

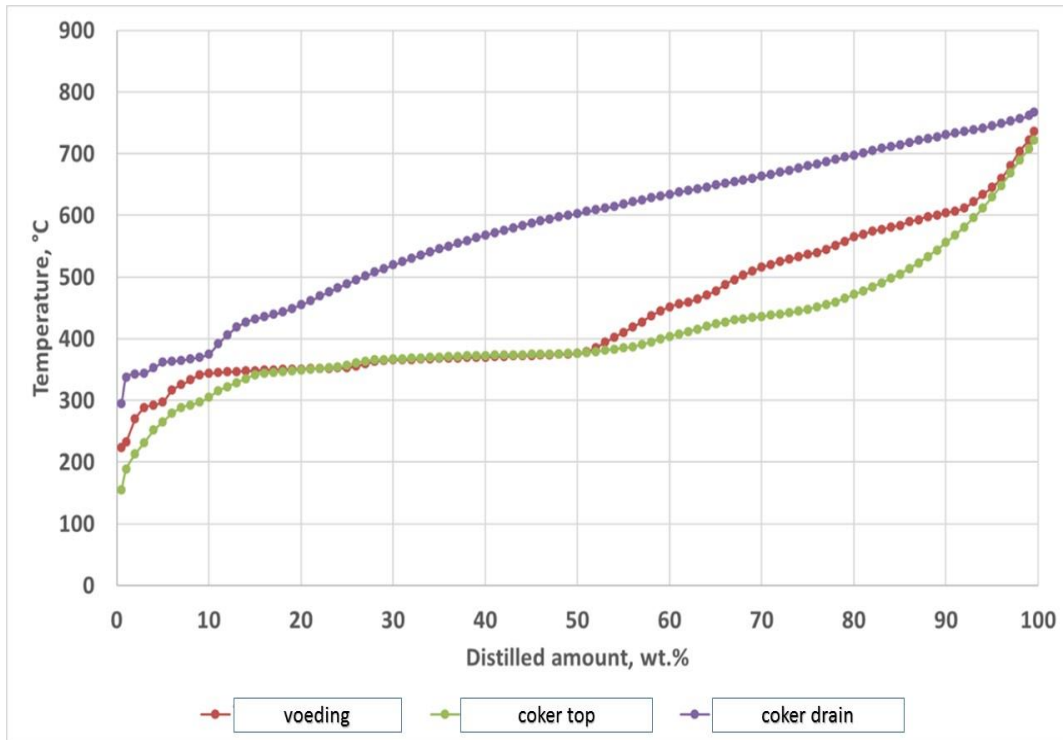


Figuur 7: Verloop van de procesconversie (voor destillatie)

2.3.4 Werking van de XTL coker

Een van de doelstellingen van de 2017 pilot test was om het verbeterd ontwerp van de XTL-coker te testen. Het procesdoel hiervan was om de verdampte voeding beter met waterstof te mengen voordat het eerste katalyse bed wordt bereikt. De SIMDIS resultaten (gesimuleerde destillatie curven) uit figuur 8 laten zien dat de XTL voeding (VdKooy voeding) duidelijk splitst in een paarse lijn (de coker bodem drain) en een groene lijn,

de coker top. De coker top bevat dus minder zware componenten dan de bodem, hiermee heeft de coker bewezen goed te functioneren. In de massabalans van het proces is dit ook te zien (tabel 2).



Figuur 8: SIMDIS curven van bodem, top en voeding

2.3.5 Massabalans & product opbrengst

Tabel 2 geeft voor een gemiddelde dag de massabalans over het systeem. Er werd over deze meetperiode (van 25,5 uur) een gewicht van 73,2 kg voeding ingepompt dat leidde tot 62 kg XTL eindproduct, 8,8 kg coker bottom drain, 5,6 kg water en 2,6 kg berekend dampverlies (in de pilot plant werd deze damp afgevangen met een gaswasser, op grotere schaal zal deze energierijke stroom worden gebruikt om warmte/energie op te wekken voor het proces). De percentages staan in de gele rij.

Tabel 2: Massabalans op gemiddelde dag

	Uren	Feed Flow (P-100) (kg/h)	Product (V-105) (kg)	Drain (V-101) (kg)	Drain V-102A (kg)	Water (V-105) (kg)	vapor loss %
Gemiddelde			4,0			0,3	
Totaal	25,5	79,1	62,0	8,8		5,6	2,6
Gem per uur		3,1	2,4	0,4		0,2	
YIELD %			78,4	11,1		7,1	3,3

Gedurende de 3 draaiweken zijn er diverse meetperiodes geweest zoals hierboven. Duidelijk werd dat er dagelijks schommelingen zijn in flows, temperatuur en druk die horen bij een pilot test. De resultaten zoals weergegeven in tabel 2 zijn representatief voor de duurtest. Het ruwe XTL product wordt vervolgens gedestilleerd.

2.3.6 Destillatie van ruwe XTL naar de eindproducten

Na het katalyse proces wordt een destillatie uitgevoerd om de XTL eindproducten (figuur 9) te produceren. Gebaseerd op de ASTM D 2892-01 voor de destillatie van ruwe petroleum is er een eigen XTL-variant

ontwikkeld waarbij de benzine fractie en de HVO diesel goed gescheiden kunnen worden. Als bodemfractie blijft er dan een marine diesel over.



Figuur 9 XTL-fracties na destillatie

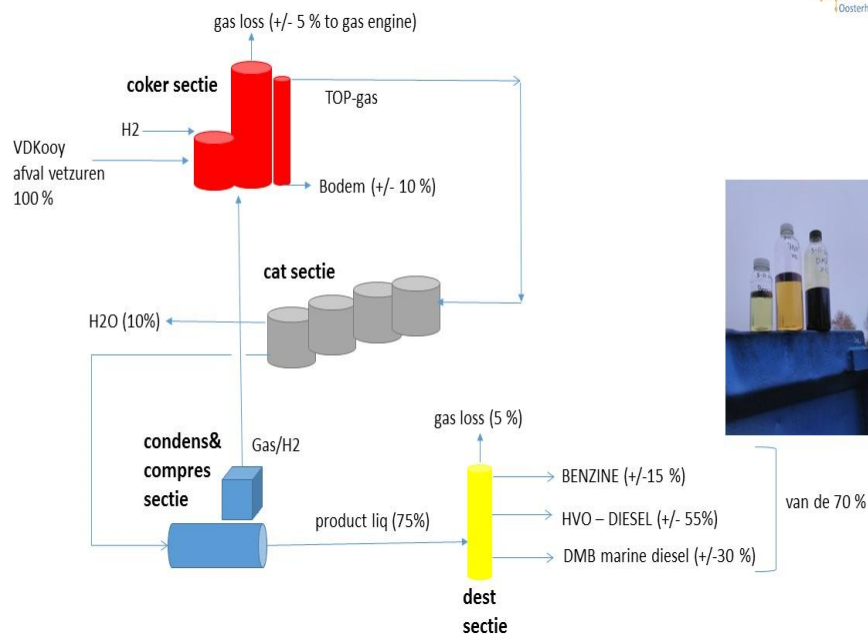
Na destillatie werd de volgende productverdeling gevonden:

- 5 % distillation-LPG
- 15 % benzine
- 50 % HVO-diesel
- 30 % marine diesel

Hoofddoel van deze laatste stap is om XTL-eindproducten te maken die op flexibele wijze in de markt kunnen worden ingezet. In de praktijk kunnen HVO-producten binnen de standaard benzine (EN 228) en diesel (EN 590) specificatie geblend worden maar ook als puur product gebruik worden (100 % HVO diesel conform de NEN-EN-ISO 15940). Voor de Marine diesel fractie geldt hetzelfde.

2.3.7 Overall XTL massabalans

De overall XTL massabalans is een onderdeel van de basisgegevens voor het opstellen van de XTL business case. Op basis van de 2017 resultaten is de gemiddelde massabalans weergegeven in figuur 10. Te zien is hoe vanuit de voeding (100%) de zijstromen en producten zich verhouden. Er wordt ca 10 % verloren aan LPG achtige gassen, 5% in het katalyse deel en 5 % tijdens de destillatie (op grote schaal wordt deze lpg ingezet voor interne energievoorziening). De 10 % coker bodem drain zou hergebruikt kunnen worden als component voor “bio-asfalt” of “groene” carbon black. Mogelijk zou een deel ook weer terug kunnen naar de XTL voeding. Na destillatie vindt de verdere verdeling plaats over benzine en de HVO diesels.



Figuur 10 Overall massabalans

2.3.8 Katalysatoronderzoek

Zoals uit figuur 7 blijkt is er een achteruitgang van de katalysatoren waargenomen. De TGA analyse (thermal gravity) geeft de samenstelling in de katalysatorbedden vooraf (vers) en na afloop (eind) van de test (figuur 11). Bij deze thermische methode wordt aangegeven hoeveel koolstofafzetting bij een bepaalde temperatuur verbrandt. Tot 200°C worden uit de monsters vooral vloeistoffen en lichtere producten verwijderd. De oxidatie van koolstofafzettingen begint bij temperaturen in de range 300 – 400°C. De hardste cokes afzettingen (verbranding vanaf +/- 550 °C). Duidelijk is te zien dat gedurende de test er afzettingen op de katalysatoren ontstaan.

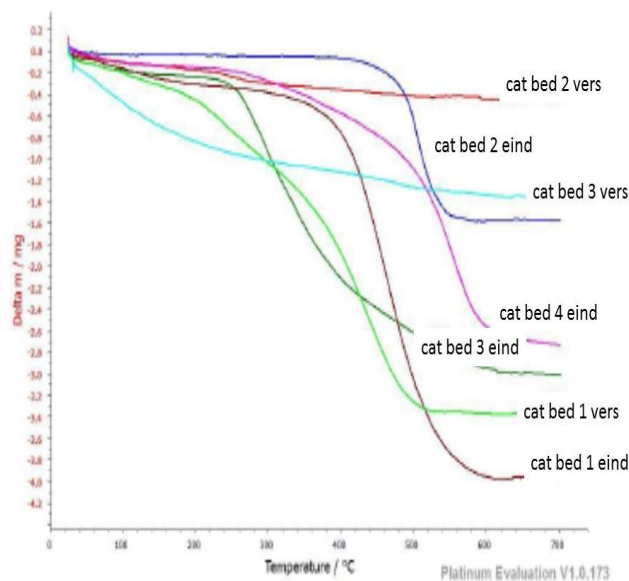


Figure 2: TGA results of fresh and spent catalysts and adsorbent

Figuur 11 TGA analysis katalysatoren

2.4 Discussie

2.4.1 XTL katalysatoren

Zoals uit de resultaten blijkt is tijdens de totale test van 3 weken de omzetting afgenomen. De veroudering van de katalyse-bedden zorgden voor deze afname. In de literatuur (Kubicka et al, 2011) is te zien hoe bij biologische afvalstromen (de groene punten) op lab-schaal de omzetting van 100 % tot ca. 70 % daalt. Voor een zuivere bio-olie component (methyl-oleaat) laat Coumans (2017) zien dat de HDO-omzetting gedurende ongeveer 25 dagen daalt (figuur 12).

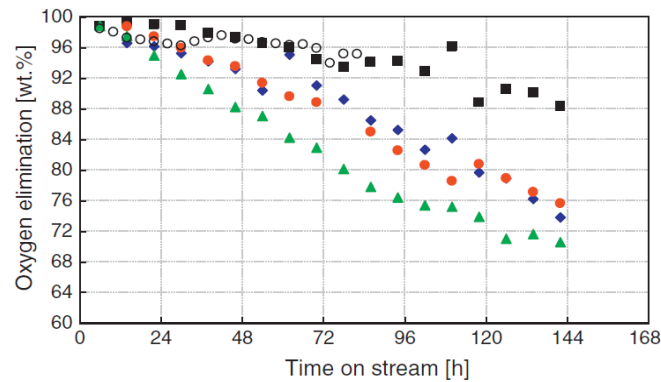


Fig. 2. Deoxygenation of rapeseed oil obtained from different stage of its processing as a function of time-on-stream: (●) RRO – refined rapeseed oil (food grade), (■) PRO – primary refined rapeseed oil (after degumming, without bleaching and desodorization), (◆) NRO – neat rapeseed oil (oil before degumming), (▲) WRO – waste rapeseed oil; (●) oleic acid.

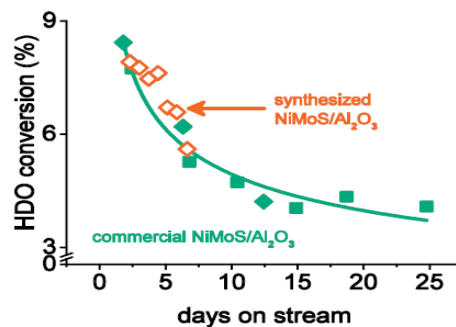
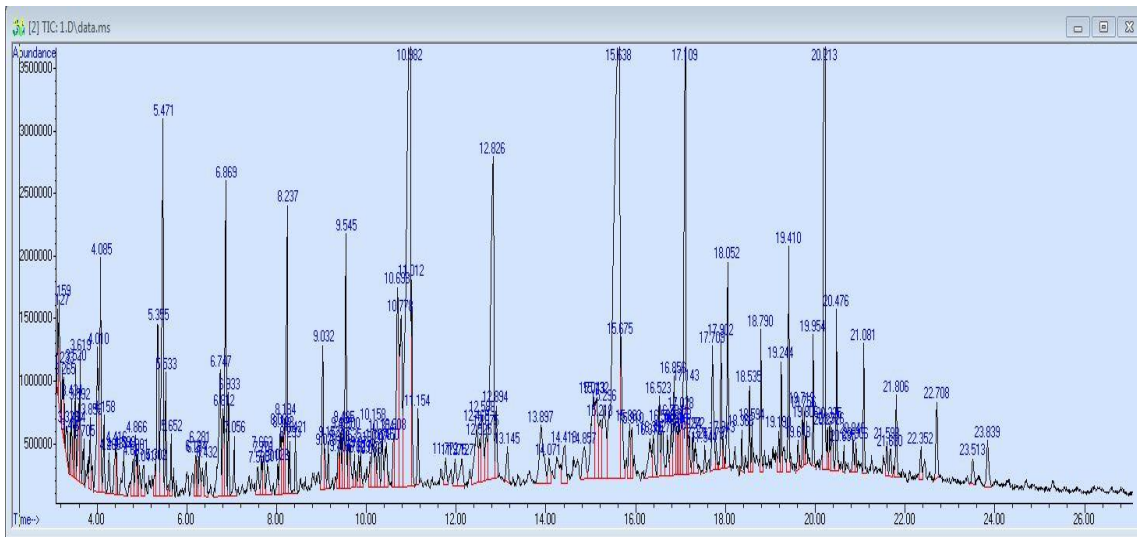


Figure 3.1. Comparison of deoxygenation activity between the commercial (closed symbols) and synthesized NiMoS/Al₂O₃ (open symbols). Methyl oleate was used as the feedstock. The lines are meant to guide the eyes. Reactions were performed at 60 bar, GOR of 10,320 NL.kg⁻¹.hr⁻¹, and WHSV of 6.5 hr⁻¹. 2,000 ppm H₂S was co-fed.

Figure 12 HDO-omzettingen bij Kubicka (2011) en bij Coumans (2017)

2.4.2 “Doorkraken” van de vetzuren

Naast deze operationele bevindingen is ook gebleken dat de XTL producten mix voor destillatie een lage soortelijk dichtheid heeft. Met andere woorden er werd in het proces chemisch veel geïsoomeriseerd en “doorgekraakt”. Dit is ook te zien in het GCMS resultaat van het product voor destillatie in figuur 13. Te zien is dat over het hele spectrum van C6 (nafta-range) t/m C25-C30 (zware dieselcomponenten) zijn gevormd.

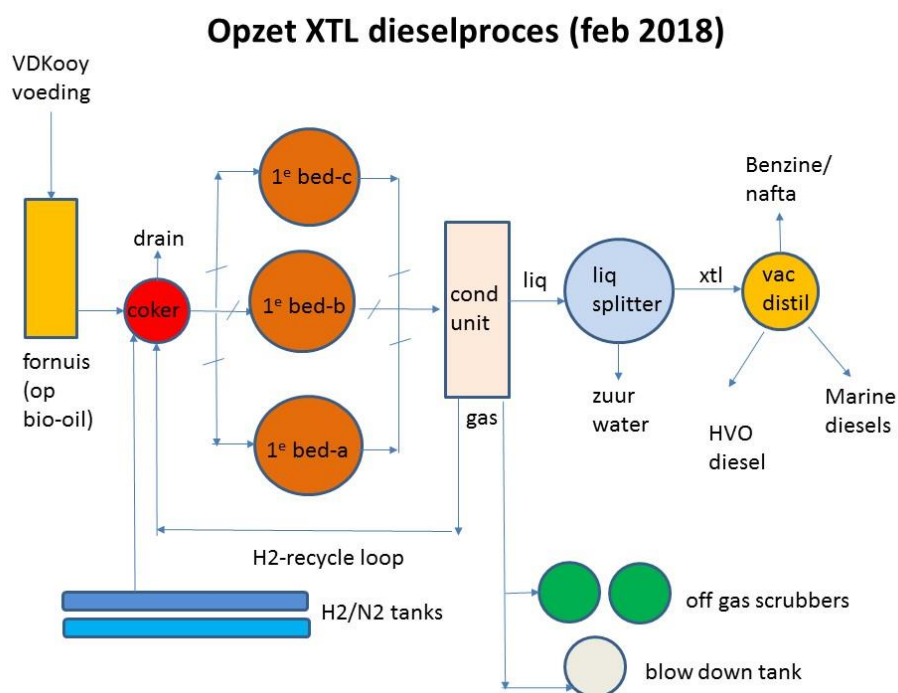


Figuren 13 GCMS resultaten (Avans Breda)

Naar aanleiding van de 2017 resultaten is de vraag opgekomen of we met de huidige XTL configuratie niet te ver “doorkraken” en er dus te veel katalysatorbedden zijn gebruikt.

2.4.3 Nieuwe configuratie: het XTL dieselproces

Tijdens de 2017 pilot-test is voor het eerst gekozen voor een “ingezwavelde” 1^e katalyse bed. Deze keuze sluit aan bij de industriële stand der techniek en past beter bij de XTL-doelstellingen. De pilot-testresultaten en de nieuwe inzichten leiden tot een XTL-configuratie zoals hieronder schematisch weergegeven (figuur 14). Het kraakgas uit de coker wordt door het ingezwavelde kat-bed geleid en van daaruit direct naar de condensor, afscheider en als laatste de destillatie unit. Voor het reinigen van de afgassen zal een amine scrubber nodig zijn. De proces lay-out moet zo zijn dat de reactoren (parallel opgesteld) ruimtelijk goed gescheiden bedreven kunnen worden zodat de katalyse bedden gewisseld kunnen worden.



Figuren 14 Concept XTL-dieselproces

De nadruk bij bovenstaande configuratie komt te liggen op de verwijdering van O,N,S uit de VdKooy stromen en de productie van basis diesels zonder verdere isomerisatie. Chemisch wordt dan zuurstof uit de vetzuren (C14-C20) gehydrogeneerd (HDO), daarnaast wordt ook stikstof (HDN) en zwavel (HDS) verwijderd.

2.5 Uitvoering van het project

Technische problemen zijn opgelost op het gebied van

- opbouwen van de pilot plant
- de drukvaten (lekkage), afsluiters en pakkingen
- gasaansluitingen en gas leveringen

Organisatorische problemen zijn opgelost op het gebied van

- planning (4 weken non stop testen, bezetting ivm weekenden, nachten e.d.)
- vinden van de juiste bemensing (maar 1 maand werk), in totaal 10 man aangenomen
- adequate training van het personeel (katalyse lastig onderwerp)

2.6 Discussie & conclusie

Uit de 2017 pilot test is gebleken dat zowel de coker als het 1^e katalysator bed een aantal onderdelen succesvol zijn verbeterd maar dat er ook nieuwe praktische inzichten zijn ontstaan. Hierdoor zal XTL proces worden aangepast naar een compacter XTL diesel proces. Aanbeveling is dan ook deze XTL diesel configuratie verder uit te werken en te testen.

3 Spin off binnen de sector

3.1 Spin off voor het project:

Uitgangspunt bij de vervolgstappen is dat het XTL-project baat heeft bij een volgende stap richting demo-plant en eerste afnemers. De route hiernaar toe is hieronder omschreven:

3.1.1 Planning XTL 2018

- update businessplan voor het XTL-diesel proces;
- omzetten van het XTL proces naar een specifiek XTL dieselproces
- uitwerken van bijbehorende massa- en energiebalansen, procescondities, flow charts etc;
- financiering en uitvoering van een nieuw pilot/lab test voor het XTL diesel proces;
- verder chemisch/analytisch onderzoek naar de voeding;

3.1.2 Planning XTL 2019

Op basis van de 2018 resultaten kan in 2019 de XTL-demo-schaal ontwikkeld worden:

- financiering demo-plant;
- locatie/WABO vergunning;
- bouwtekeningen, massa- en energiebalansen;
- verder katalysator onderzoek;
- certificering totale XTL supply chain;
- eerste demo-klant werven (nu al aangemeld);

3.2 Spin off binnen/buiten de sector

Binnen de sector Energie draagt het XTL project bij aan de ontwikkeling van het Biobased Economy (TKI-BBE) innovatie platform. Hierbij wordt ten doel gesteld om tot economisch haalbare biobased toepassingen te komen (zie link hieronder).

Buiten de procestechnologie draagt het XTL proces bij aan de ontwikkeling van advanced biofuels om de EU 2030 doelstellingen voor duurzaam wegtransport te realiseren (vastgelegd in diverse beleidsdocumenten van NL en de EU, zie hieronder).

4 Overzicht van openbare publicaties

Website RVO

<https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/industri%C3%ABle-pilot-plant-testen-mbt-het-xtl-process>

website biobased kennisnet/TKI

<https://www.kennisnetbiobased.nl/web/show/search?id=4184244&langid=43&from=&to=&webid=3617332&searchid=4941187&keyword=xtl&tab=site>

Website NEA (voor toepassing van biobrandstoffen in NL)

<https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/themas/energie-voor-vervoer>

Website Europese Commissie ivm biofuels

<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels>

XTL proces patent aanvraag (EU):

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?I=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20141022&CC=EP&NR=2792729A1&KC=A1

Artikel van VDKOBY mbt XTL 2017

<https://www.regioinbedrijf.nl/projecten/samen-met-studenten-van-vetzuur-naar-groene-energie.6303/>

website XTL

www.xtlgroup.com

Literatuurlijst

NEA: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/levering-tot-eindverbruik>

EU Energy directive : <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>

EU website transport: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/>)

“Handbook of Refinery Desulfurization”, Nour Shafik El-Gendy and James G. Speight (2015) CRC Press

“Hydrodesulfurization catalysis and mechanism of supported transition metal sulfides”, Hensen, E. J. M. (2000), Thesis, Technische Universiteit Eindhoven

“Deactivation of HDS catalysts in deoxygenation of vegetable oils”, David Kubicka, Jan Horacek, Applied Catalysis A: General 394 (2011) pp 9–17

“Hydrotreating of Triglyceride-Based Feedstocks in Refineries”, David Kubička, Vratislav Tukač In Dmitry Yu. Murzin, editor: *Advances in Chemical Engineering*, Vol. 42, Burlington: Academic Press, 2013, pp. 141-194.