



## Openbaar Eindrapport TSE-haalbaarheidsstudie [TESN121044]

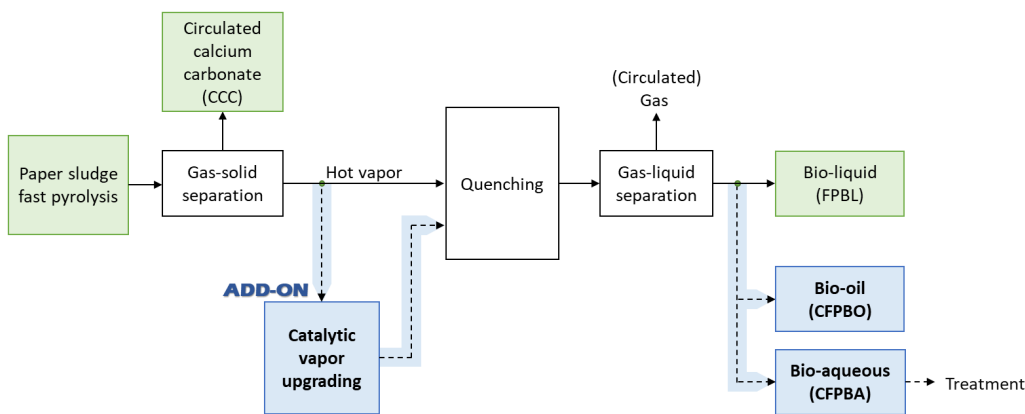


Fig. 1 blokschema pyrolyse proces met additionele katalytische stap.

# Haalbaarheidsstudie naar de ex-situ katalytische opwaardering van papierslib pyrolysedampen naar bio-azijnzuur en bio-BTEX.

3 juli 2023

Een TSE Haalbaarheidsproject voor de Topsector Energie van:

**Alucha Management B.V.**  
Westervoortsedijk 73  
6827 AV ARNHEM

**CoRe Pro**  
Colijnlaan 21  
9722 PJ GRONINGEN

**Alucha Works B.V.**  
Westervoortsedijk 73  
6827 AV ARNHEM

Dit TSE-haalbaarheidsstudie project werd uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies.

## Gegevens project

Referentienummer:	TESN121044
Projecttitel:	Haalbaarheidsstudie naar de ex-situ katalytische opwaardering van papierslib pyrolysedampen naar bio-azijnzuur en bio-BTEX.
Penvoerder:	Alucha Management B.V.
Medeaanvragers:	CoRe Pro Alucha Works B.V.
Begin- en einddatum project:	01-09-2021 – 30-11-2022

## Openbare samenvatting

Dit project bestudeerde de technische en economische haalbaarheid van het integreren van een katalytische dampopwaarderingsstap in de bestaande papierslib pyrolyse-eenheid, gericht op de productie van waardevolle biogebaseerde chemicaliën. Deze "add-on" is weergegeven in figuur 1. Bij het bestaande non-katalytische conversieproces wordt papierslib omgezet naar pyrolyse olie en circulaire mineralen.

Technisch gezien is de katalytische "add-on", vergelijkbaar met het bekende FCC-proces (fluidized catalytic cracking) in de raffinaderij, voor deze toepassing mogelijk. Katalytische opwerking van de pyrolysedamp van papierslib resulteert in een bio-olie van hogere kwaliteit met een hogere hoge verwarmingswaarde (high heating value, HHV) en meer geconcentreerde biobased chemicaliën. Katalytisch Fast Pyrolysis Bio-oil kan worden gebruikt als biobased co-feeds in de raffinaderij voor de productie van verschillende waardevolle biobased chemicaliën. Deze verhogen de waarde van thermochemische recycling van papierslib aanzienlijk.

### Activiteiten

In dit project is een model voor de katalytische "add-on" gemaakt. Op basis van literatuurgegevens en interviews met de industrie werden parameters voor het TE-model geschat en werden de gevoeligheden geanalyseerd. Op basis hiervan zijn procesparameters bepaald en is een testplan. Enkele parameters zijn de biomassa:catalyst verhouding, (equilibrium) catalysator typen (met input van externe partijen) en temperatuur instellingen voor reactor en regenerator. Met data uit deze testen kon het model worden verbeterd. Dit testplan is overigens reeds gedeeltelijk toegepast in een gehonoreerd GoChem-project en het testplan zal worden toegepast in vervolgprojecten.

### Resultaten

Uit de assessment blijkt dat de terugverdientijd (TVT) van het additionele katalytische proces ongeveer 5.5 jaar is. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt in welke gevallen de TVT verbetert dan wel verslechtert. Er wordt typisch gestreefd naar een TVT < 4 jaar, dit is groen gemarkeerd in fig 2.

Een gedetailleerde publicatie volgt nog. Voor meer informatie over dit project of relateerde projecten kan Alucha worden benaderd via [betterplanet@alucha.com](mailto:betterplanet@alucha.com)

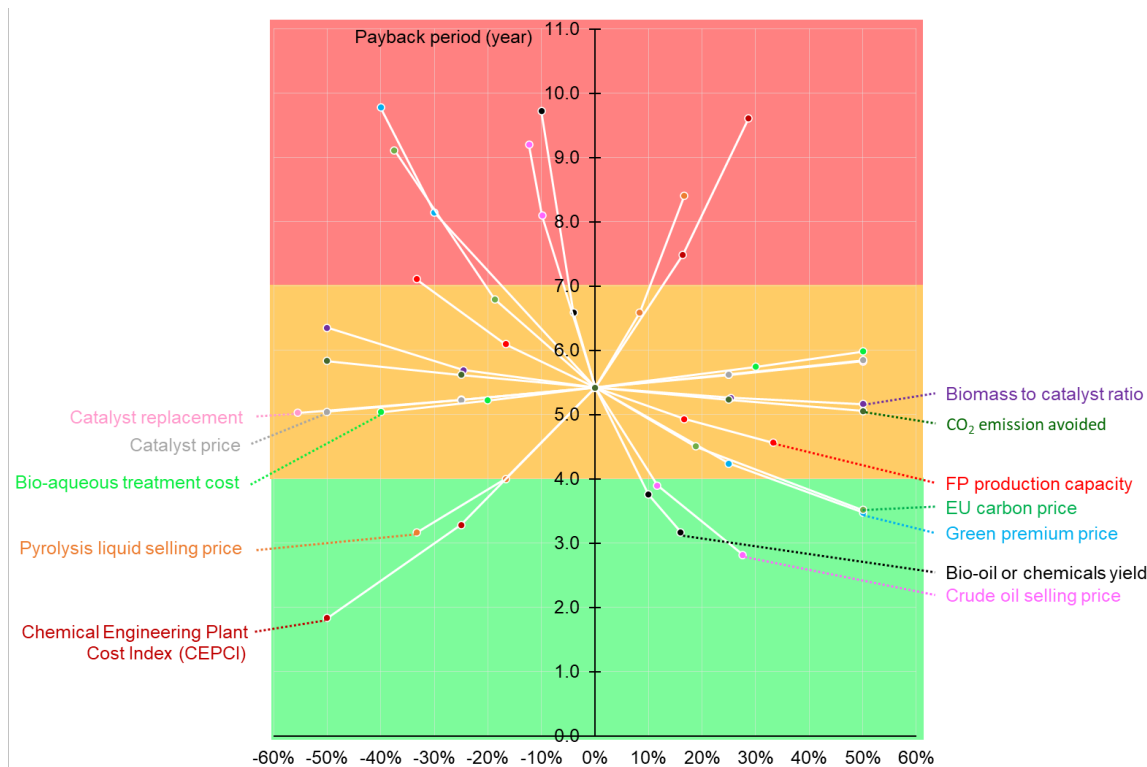


Fig. 2 De gevoeligheid van de technische en economische parameters op de terugverdientijd.

De technische haalbaarheidsstudie wijst uit dat de bio-olieopbrengst de belangrijkste (c.q. meest gevoelige) parameter is die de terugverdientijd beïnvloedt: 10% meer opbrengst TVT < 4jr. Het katalysatorverbruik (de kosten en de vervanging) heeft slechts een geringe invloed op de terugverdientijd. Externe parameters gerelateerd aan circulariteit en duurzaamheid, zoals de koolstofprijs en groene premieprijs, verbeteren de economische levensvatbaarheid van het geheel.

#### Conclusie en Outlook

Met een TVT van 5.5 jaar valt de katalytische "add-on" in "oranje" gebied: aanvullend technisch onderzoek is dus noodzakelijk. Bovendien lijken externe economische factoren van grote invloed: de verwachting is dat de CO<sub>2</sub> pricing (of green premium) voor de katalytische producten met meer dan 35% stijgt de komende jaren. De vraag naar circulaire bouwstenen neemt toe en de EU-ambitie om in 2030 55% CO<sub>2</sub> reductie te realiseren ondersteunen deze opwaartse prijswaardering. De Cost index, en daarmee de investeringskosten, is minder gunstig voor de business case: deze zal naar verwachting stabiel zijn of nog stijgen.

Technische ontwikkeling zal, naast een reductie in CAPEX vooral gericht zijn op yield verhoging, waarbij +10% een belangrijk doel is voor verder onderzoek. Kleine verbeteringen in biomass;catalyst ratio en cat vervangingsgraad dragen bij aan de winstgevendheid maar zullen de TVT met maximaal een 0.5 jaar verbeteren, zoals te zien is in fig 2.

Hierbij moet worden opgemerkt dat al deze analyses zijn gebaseerd op de aannames en literatuurgegevens waarbij biomassa (geen papierslib) als grondstof werd gebruikt, bij de representatieve snelle pyrolyse- en gefluïdiseerde katalytische kraakinstallaties in de industrie. Een validatie van het huidige model zal systematisch experimenteel onderzoek vereisen. Een eerste aanzet daartoe is reeds gemaakt. Figuur 3: Poster gepresenteerd te EUBCE 2023 Bologne, met data van (onder meer) TESN121044 project en, hieruit voortvloeiend, initieel experimenteel onderzoek uit andere projecten (oa GoCh.Kiem.KGC02.063): testen (inclusief regeneratie) met katalysatoren H-ZSM-5, Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en USY based E-cat.

# Chemocatalytic recycling of post-consumer paper sludge



Songbo He, Anton Bijl, Eyerusalem Gucho and Gijs Jansen  
Alucha Works B.V., The Netherlands  
www.alucha.com

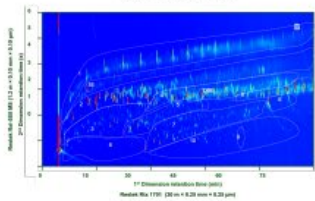
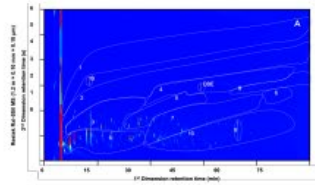
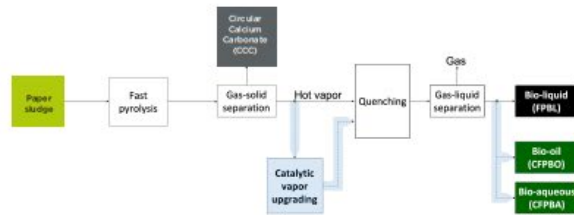
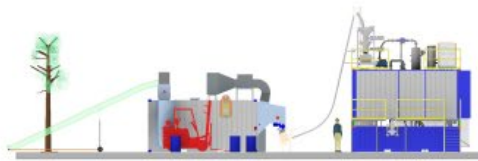
## Introduction

Paper industry generates paper sludge from recycling the paper, which is often regarded as a bulk post-consumer solid waste and generally treated by incineration and landfilling.

PS contains raw materials such as paper-making fillers and fibres, which can be recycled to enhance the circularity.

## Alucha Catalytic Fast Pyrolysis of Paper Sludge

Alucha circular calcium carbonate (CCC) has been used to replace the ground calcium carbonate (GCC) widely used in industry, significantly increasing the circular content.

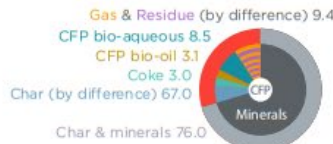


A FPBio-liquid		B CFP bio-oil		
	wt%		wt%	
1	Hydrocarbons	1	Hydrocarbons	9.9
2	Aromatics	2	Aromatics	18.7
3	Isolanes	3	Isolanes	1.2
4	Nonhydrocarbons	4	Nonhydrocarbons	3.3
5	Hydrocarbons	5	Hydrocarbons	1.9
6	Unsaturated Fatty Acids	6	Saturated Fatty Acids	0.6
7	Phenols	7	Phenols	2.8
8	Alkane	8	Alkane	0.2
9	Sugars	9	Sugars	—
10	Dihydroxybenzene	10	Dihydroxybenzene	0.7
	Total		Total	90.8

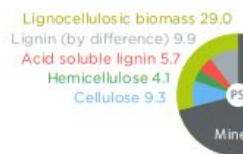


Full paper online

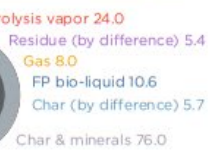
### (c) Mass yield for CFP of PS (wt%)



### (a) Composition of PS (wt%)



### (b) Mass yield for EP of PS (wt%)



Catalyst	Coke on catalyst (C/N)	Gas products (C/N)	Liquid products - Aqueous phase (C/N)	Liquid products - oil phase			
			Yield (C/N)	C (wt%)	H (wt%)	O (wt%)	
No Catalyst - PS1	-	23	40	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - PS1	24	17	1	21	66.9	9.2	3.2
No catalyst - PS2	-	16	26	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - PS2	2	22	2	21	63.3	7.9	8.8
Pr <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> - PS2	11	13	8	20	76.2	7.7	14.1
USP-based Ca-Cat-PS2	3	17	11	29	75.0	7.7	12.3



Financial supports by NWO KIEM GoChem (Grant No. GOCH-KIEM, KG-CO2-063), RVO TSE Industrie studies (Grant No. TESNI21044), RVO TSE DEI+ (Grant No. D.EI2720030), and Province Gelderland (Case No. 2020-013094). The Netherlands, are acknowledged. University of Twente and University of Groningen, The Netherlands, are thanked for their knowledge and research support.



Fig. EUBCE 2023 Poster.