

G2 technologie: Break-through in kosteneffectieve winning van hoogwaardige nanocellulose

Haalbaarheidsstudie naar de opschaling en marktpotentie van de G2 Technologie



OPENBAAR EINDRAPPORT

TSE Haalbaarheidsstudie project TESN120034

Startdatum: 18-06-2020

Einddatum: 15-04-2021

Datum rapportage 28 mei 2021

Inhoud

1. Gegevens project	3
2. Openbaar eindrapport	4
2.1 Samenvatting resultaat	4
2.2 Inleiding	5
2.3 Doelstelling	7
2.3.1. Papiercoating	7
2.3.2. EPS-vervanging.....	8
2.3.4. Superlijmen	9
2.3.5. Textiel recycling	10
2.3.6 TiO2 vervanging	11
2.3.7 Economische haalbaarheid	13
2.4 Werkwijze	14
2.5 Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten	14
2.6 Discussie.....	20
2.7 Conclusie en aanbevelingen op basis van de REACT aanvraag	21
3. Algemene informatie	23

1. Gegevens project

Projectnummer:	TESN120034
Projecttitel:	G2 technologie: Break-through in kosteneffectieve winning van hoogwaardige nanocellulose
Penvoerder en medeaanvrager:	<p>Cellicon B.V. is penvoerder. Er is één essentiële uitbestedingsrelatie: Hoyng Rokh Monegier (patent onderzoek / gemachtigden).</p> <p><i>Cellicon B.V.</i> <i>Bezoek- en postadres: Hogebrinkerweg 15E, 3871 KM</i> <i>Hoewelaken</i> <i>Contactpersoon: T. Runneboom</i></p>
Projectperiode:	18 juni 2020 t/m 15 april 2021

2. Openbaar eindrapport

2.1 Samenvatting resultaat

Het beoogde resultaat van de studie was het vaststellen van de technische en economische haalbaarheid van het efficiënt toepassen van de G2 Technologie op grote schaal. Door het onderzoeken van de haalbaarheidsvragen wordt het mogelijk om een beslissing te nemen over het al dan niet in gang zetten van een pilotproject voor verdere opschaling van de technologie.

De doelstellingen van het project zijn ruimschoots gehaald en Cellicon heeft inmiddels een REACT aanvraag ingediend samen met 6 partners een pilot project te starten gebaseerd op dit onderzoek.

Het effect van dit onderzoek komt het duidelijk naar voren wanneer wij de resultaten van het gebruik van waste Katoen / Polytextiel vergelijken met het gebruik via dissolved pulp waarop de originele business case was gebaseerd. Het effect is in de orde van grote 1 € per kg extra marge.

Deze modellen zijn in detail uitgewerkt in Excel sheets en vormen de basis van de Cellicon business modellen.

2.2 Inleiding

De activiteiten in dit project waren er op gericht inzicht te geven in zowel de technische als economische haalbaarheid van een pilotproject waarin opschaling van de G2 Technologie centraal stond. Door het uitvoeren van de activiteiten werd inderdaad inzicht verkregen in alle aspecten van de aanvraag.

- Het verwachte gedrag van het proces bij de verwerking van grotere hoeveelheden materiaal is uitgezocht en de resultaten daarvan staan beschreven in het hoofdstuk 2.5 Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten.
- De beschikbaarheid van verschillende feedstock stromen versus kwaliteit van de output.







Het uitgangspunt van het ontwikkelde business model was gebaseerd op Dissolved pulp wat in grote hoeveelheden (5 miljoen Mt) beschikbaar is. Hetzelfde geldt voor afval katoen. Wereldwijd is er ongeveer 20 miljoen katoen wat als afval textiel aanwezig is. Daarvan kan Cellicon slechts een relatief klein deel verwerken. De nano-cellulose eindproducten die via het G2 proces verkregen worden zijn geschikt voor upgrading in de geselecteerde toepassingen onafhankelijk van de gebruikte Feedstock.

- De relatie tussen outputkwaliteit en geschiktheid in beoogde producttoepassingen;

De nano-cellulose die verkregen wordt is zowel Cellulose I als Cellulose II waarbij Cellulose I wordt ingezet voor TiO₂ vervanging en papier coating en Cellulose II in de andere toepassingen. Dit is echter een dynamisch proces met vele mogelijke toepassingen.

FOCUS MARKETS

Cellulose applications for a greener world

						
VALUE DRIVER	Replacing paper-plastic laminates with bio-based and biodegradable coatings	Replacing EPS products with renewable natural & home compostable alternatives	Enabling recycling of cotton-polyester-textiles	Replacing adhesives with renewable natural glues	<ul style="list-style-type: none"> Natural Circular / biodegradable No odor Better economics 	<ul style="list-style-type: none"> Biodegradable Natural / Renewable Specific gravity advantage of 1.4 versus 4.0
MARKET DRIVER	Ban on single use plastic and GHG emission reduction	EU: SUP ban on polystyrene. Outside EU: phase out following EU example.	Circular economy	Replacing substances of concern and GHG emission reduction	Replacement of micro plastics, fossil-based additives and TiO ₂ with natural products	<ul style="list-style-type: none"> TiO₂ is listed as suspected Carcinogenic Alternative of CaCO₃ less efficient Push for alternatives

Figuur 1: Markt focus

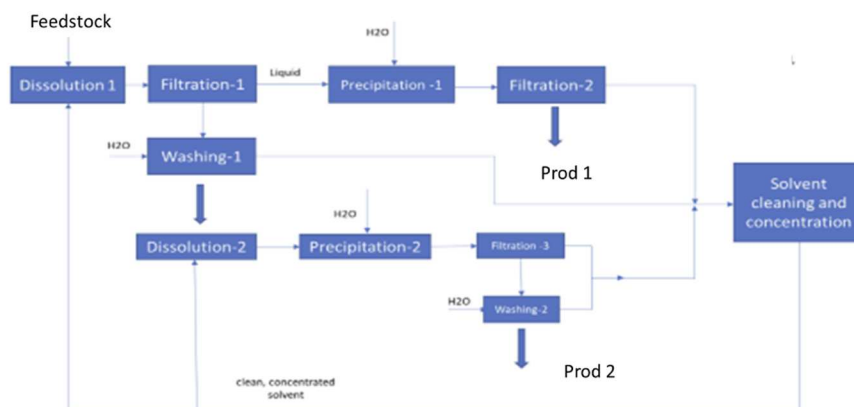
- Het procesontwerp en gepaarde investeringseisen van een opschaling;

Het proces ontwerp wordt weergegeven in Figuur 2 en de geschatte investeringen zitten in de business modellen. Een schatting voor een investering van een fabriek met 7000 Mt / is gedaan. Dit is een door Cellicon zelf gemaakte begroting op basis deze TSE studie en het werkpakket 1.

- De ecologische impact van het proces bij opschaling en de mogelijkheid tot recycling hulpstoffen.

Het G2 proces gebruikt geen organische vloeistoffen maar een anorganische zout oplossing van met ZnCl₂. In het proces wordt de Cellulose opgelost bij een hoge concentratie ZnCl₂ welk naar een lagere concentratie gebracht wordt met water die daarna in de recycle wordt geregenereerd.

Het G2 proces is zonder afval stromen wat betreft zowel gassen als, vaste en vloeibare stoffen zoals te zien is in onderstaand proces schema (Figuur 2).



Figuur 2: G2 Proces zonder afvalstromen

2.3 Doelstelling

De doelstelling van onderhavig project is om zowel de technische als economische haalbaarheid van opschaling van de G2 Technologie te achterhalen. Hiervoor moet inzicht verkregen worden in:

- Het gedrag van het proces bij de verwerking van grotere hoeveelheden materiaal;
- De beschikbaarheid van verschillende feedstockstromen vs kwaliteit van de output;
- De relatie tussen outputkwaliteit en geschiktheid in beoogde producttoepassingen;
- Het procesontwerp en gepaarde investeringseisen van een opschaling;
- De ecologische impact van het proces bij opschaling en de mogelijkheid tot recycling hulpstoffen.

Het uiteindelijke doel is het op grote schaal produceren van hoogwaardige nanocellulose met G2 Technologie uit biomassa en textiel om deze vervolgens te verwerken in producten zoals papiercoating, transparante films, verpakking schuim en additief voor thermoplastische composieten. Door de voorgestelde technologie zal de vraag naar bepaalde plastic verpakkingen en daarmee de winning van fossiele grondstoffen teruggedrongen kunnen worden en de daarbij optredende CO₂ - emissies gereduceerd.

In de volgende paragrafen 2.3.1. t/m 2.3.7 wordt een weergave gegeven van de verschillende toepassingen en de waarde van nano-cellulose in deze toepassingen en de geschatte CO₂ besparing die hiermede gerealiseerd kunnen worden.

2.3.1. Papiercoating

Zuurstofbarrière Eigenschappen Nanocellulose in Papier Europa:

Op de Europese papiermarkt van 90 miljoen ton wordt 5-6% gelamineerd met kunststoffen om een zuurstofbarrière voor verpakkingsmaterialen te creëren. Deze verpakkingsmaterialen voor papier en kunststoffen zullen in de EEG worden losgelaten door de aanvaarde richtlijn die een verbod op het eenmalig gebruik van kunststoffen oplegt¹. Ook zal het single-gebruik van kunststoffen een niet-recyclingsanctie van 800 €/MT opleveren, aangezien de EU het eens is over een belasting op kunststofafval². Dit wordt in rekening gebracht op alle soorten fossiele polymeren, maar niet op Cellicon-producten, omdat het natuurlijke polymeren zijn.

Waarde van NCC in papier coating zuurstof barrière toepassing:

Van de Europese papiermarkt van 90 miljoen ton per jaar heeft 5% zuurstofbarrière-eigenschappen verkregen door een polyethyleenlaminaat. De polyethyleen coating is 4% van het papiergewicht, wat resulteert in een totale hoeveelheid polyethyleen van 180.000 MT per jaar. Het 4% Polyethyleen laminaat kan worden vervangen door een 1% Nanocellulose coating of 45.000 MT NCC per jaar.

Het verbod op kunststoffen voor eenmalig gebruik zal ook gevolgen hebben voor de markt voor gelamineerde kunststoffen. De gelamineerde kunststoffen voor eenmalig gebruik zullen na verloop van tijd verdwijnen als gevolg van het verbod op kunststoffen voor eenmalig gebruik. Met de Nanocellulose coating ontstaat een volledig cellulose verpakking, die natuurlijk, volledig recyclebaar en biologisch afbreekbaar is.

De productie van één ton polyethyleenpolymeer stoot 1,87 MT CO₂ uit Plastics Europe beperkt de emissie tot de productie van het basispolymeer; de productie van zeer dunne PE-folie stoot echter aanzienlijk meer CO₂ uit⁴.

¹ https://ec.europa.eu/environment/topics/plastics/single-use-plastics_en

² <https://www.icis.com/explore/resources/news/2020/07/21/10532318/eu-agrees-tax-on-plastic-packaging-waste>

³ <https://www.kcpk.nl/wp-content/uploads/2020/05/Recycling-van-papier-en-karton-in-Nederland-in-2019-def.pdf>

⁴ <https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles>

De productie van één ton polyethyleenfolie stoot 5,2 ton CO₂ uit, wat nauwelijks wordt gemeld. Het vervangen van 4 MT PE-folie door 1 MT NCC vermijdt dus 14 MT CO₂ of in totaal 625 000 MT voor de totale markt.

Partners die interesse hebben in deze toepassing voor Nanocellulose zijn o.a. Schut, KCPK, IGT

2.3.2. EPS-vervanging

EPS-producten vervangen door geschuimde Nanocelluloseproducten:

Geëxpandeerd polystyreen (EPS) staat op de lijst van vermoedelijke kankerverwekkende producten, die als niet-recyclebaar worden beschouwd en daarom zijn merkeigenaren op zoek naar alternatieven, bij voorkeur bio-based en biologisch afbreekbaar. EPS wordt ook genoemd in De Richtlijn (EU) 2019/904 van het Europees Parlement en de Raad van 5 juni 2019 betreffende de vermindering van de impact van bepaalde kunststofproducten op het milieu.⁵

EPS kan worden vervangen door geschuimde nanocellulose, die natuurlijk hernieuwbaar en biologisch afbreekbaar is.

Waarde van NCC in geschuimde producten:

De markt voor EPS in Europa is 2,1 miljoen MT waarvan 500.000 MT wordt gebruikt in enkele gebruikte verpakking. Deze EPS basispolymeren zijn geprijsd op € 1500 per MT, gegoten product verkoopt voor 5-6 € / kg EPS-producent. Nano-celluloseschuim heeft een premie van 3-4 €/kg, wat zich vertaalt in een NCC van 5 €/kg als uitgangsmateriaal. De productie van één ton geschuimd en gegoten polystyreenschuim stoot 5,3 MT CO₂ uit (Synbra Technology 2014). Vervanging van de EPS-markt voor eenmalig gebruik van 500.000 MT vermijdt zo 2,5 miljoen MT van CO₂-emissies.

Partners die interesse hebben voor deze toepassing van nanocellulose zijn o.a. VHP, Innograaf, Paperfoam, Universiteit Wageningen

2.3.4. Superlijmen

Vervanging van fossiele grondstoffen voor Superglues:

Verbod op eenmalig gebruik, verbod op kankerverwekkende chemicaliën, hernieuwbaar, biologisch afbreekbaar "Goede, groene verpakking met slechte lijm maakt de verpakking nog steeds slecht." De superlijm, ook wel 'eco'-lijm genoemd, is gebaseerd op plantaardige cellulose nanokristallen gemengd met water. Conventionele superlijm, ook bekend als cyanoacrylaat, is gemaakt van synthetische polymeren. De chemicaliën die nodig zijn om cyanoacrylaatpolymeer te vormen, omvatten ethylcyanoacetaat, formaldehyde, stikstof of een ander niet-reactief gas en vrije radicalenremmers.

Deze chemicaliën behoren meestal allemaal tot de categorie kankerverwekkende vermoedelijke eigenschappen. Nanocellulose superlijm is goedkoper te maken dan conventionele superlijm en minder complex omdat "uithardingstijd gepaard gaat met verdamping van de waterfase" en "kan worden geregeld, bijvoorbeeld met warmte". In de verpakkingsindustrie wordt gezegd dat de kartonnen dozen etc. recyclebaar en biologisch afbreekbaar zijn, maar de bestaande fossiele lijmen vervuilen in feite de kartonnen dozen en voorkomen volledige recycleerbaarheid. Dit NCC superlijmproduct helpt bedrijven en merken om een volledig circulaire oplossing voor hun verpakkingen te hebben.

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=celex%3A32019L0904>

Waarde van NCC in superlijmen:

De vooruitzichten voor wereldwijd gebruik (€ 40 miljard industrie) zijn vrij aantrekkelijk, gezien de goedkope productie van cellulose nano kristallen door het Cellicon G2-proces. Het zal naar verwachting beter presteren dan de momenteel beschikbare commerciële synthetische producten.⁶

Partners die interesse hebben in Nanocellulose voor deze toepassing zijn o.a. Intercol; Kraton

2.3.5. Textiel recycling

Katoen Polyester Textiel recycling:

De EEG richt zich op textielafval in het zogenaamde circulaire economische pakket. De belangrijkste wijziging betreft de verwachte verplichte invoering van een gescheiden inzameling van textielafval tegen 2025. In de huidige situatie is textielafval een belangrijke afvalstroom. De hoeveelheid textielafval is in de loop der jaren aanzienlijk toegenomen en er wordt een verdere sterke groei verwacht. De textiel verwerkende keten is over de hele wereld verspreid, maar China speelt een overheersende rol. In 2012 was ongeveer 56% van de wereldwijde textielproductie gevestigd in China.

Zakelijke kansen voor textielafval met G2-technologie:

Op basis van de G2-technologie kan de afvaltextielkans worden geformuleerd. Na PET-vezels is de op een na belangrijkste textielvezel katoen met wereldwijd 26 miljoen mt / jaar. Katoen is de zuiverste vorm van cellulose met een kristalliniteit van ongeveer 70 %. De meeste G2-ontwikkelingen werden uitgevoerd met maagdelijk katoen. Tijdens de textielverwerking van katoen van de velden naar de stoffen blijft de kristalliniteit in zijn natuurlijke structuur.

In het afvaltextiel kan het katoenoppervlak worden verborgen door vezelafwerkingen / kleuren of worden ingesloten in mengsels van PET / katoen. Voordat het katoen uit afvaltextiel geschikt is voor G2-verwerking, is het noodzakelijk om enkele technologie- of processtappen te ontwikkelen om de cellulose toegankelijk te maken.

Onder het afvaltextiel bevinden zich meer toegankelijke segmenten met >95 % katoen zoals textiel uit horeca afval (lakens). Het kan geleidelijk uitdagender worden met 65/35 % PET/ katoen mengsels. Verwacht wordt dat uiteindelijk de meeste katoenmengsels verwerkt kunnen worden. Het PET na katoenextractie moet nog steeds geschikt zijn voor recycling.

De CNC kan worden gerecycled tot cellulosevezels, maar er bestaan toepassingen met een hogere waarde en in een geoptimaliseerde business case gaat de CNC naar die toepassingen.

Waarde van NCC voor textieltoepassingen:

De wereldwijde textielindustrie was in 2015 verantwoordelijk voor 1,2 miljard t CO₂, wat de uitstoot van internationale vluchten en de zeevaart samen overtreft. Bovendien kan ongeveer 20% van de wereldwijde watervervuiling worden toegewezen aan de textielindustrie.

In de praktijk komt textiel bestaande uit één vezelmateriaal niet zo vaak voor als vezelmengsels. Aangezien PET (48,7 miljoen ton) en katoen (20,6 miljoen ton) vezels veruit de twee belangrijkste vezels zijn, zijn mengsels van deze twee goed ingeburgerd in de textielmarkt. Een vezelfractie van een enkel materiaal is echter nodig om een recyclingproces te realiseren zoals hierboven beschreven.

⁶ <https://biomarketinsights.com/new-cellulose-based-superglue-created-by-international-research-team/>

Een uitsluitend mechanisch gebaseerd proces is niet haalbaar om katoen van PET te scheiden. Er zijn ook geen bestaande economisch haalbare chemische processen beschikbaar, behalve het G2-proces zoals aangeboden door Cellicon.

Het G2-proces lost het katoen op en laat het PET onbeschadigd achter. De 2 producten kunnen op die manier worden gebruikt voor recycling. De Nanocellulose uit de katoenfractie kan worden gebruikt als grondstof voor viscose zoals vezels.

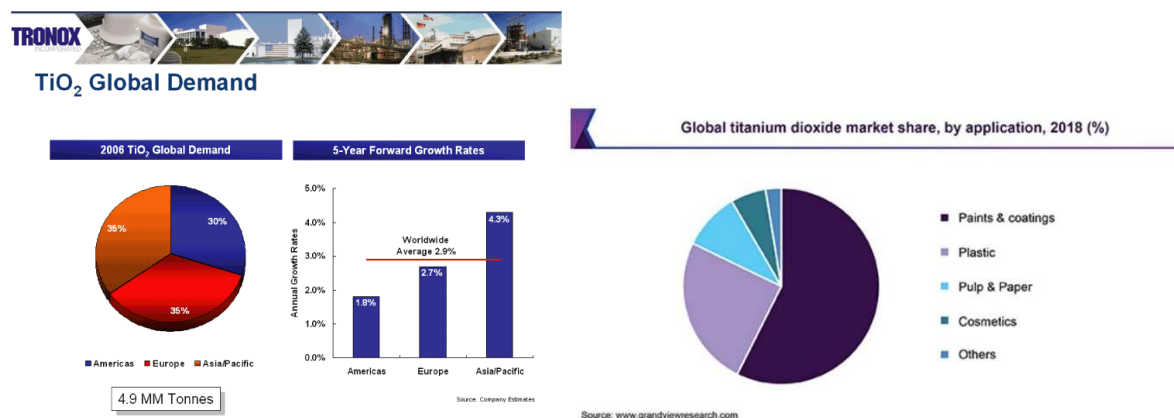
Partners die interesse hebben in deze toepassing voor de G2 technologie zijn o.a. Saxcell, Cure, Paperfoam, Tejin

2.3.6 TiO₂ vervanging.

Titanium dioxide (TiO₂) vervanging als witte kleur in kunststof:

Op de Europese markt wordt tot 0,5 miljoen ton gebruikt om plastic wit o.a. te kleuren voor plastic melkflessen. Meestal wordt tot 3% v/v TiO₂ toegevoegd aan de kunststofverbinding. Aangezien het soortelijk gewicht van Plastic ongeveer 1 gram / cm³ is en TiO₂ 3,5 gram / cm³ en CNC 1,4 gram / cm³. De vervangingsfactor voor CNC in deze toepassing is op basis van het vervangen van TiO₂ door volume. Rekening houdend met het soortelijk gewicht betekent dit dat één gram CNC 2,5 gram TiO₂ vervangt.

Ook TiO₂ wordt vermeld als een potentieel verdacht kankerverwekkend materiaal dat in de loop van de tijd moet worden verboden.



Figuur 3: marktpotentieel TiO₂

Waarde van NCC in TiO₂ vervanging in kunststof kleurtoepassingen:

Van de wereldwijde TiO₂-markt geschat op 5 miljoen mt per jaar (referentie Tinox 2020 marktstudie en 2021 vooruitzichten voor gegevensinformatie) 25 % wordt gebruikt in kunststof kleurtoepassingen die een adresseerbare markt is van (TiO₂-prijs tegen 4 € / kg daadwerkelijke prijs betaald door Paperfoam) is gelijk aan 5 miljard € . De vervanging van TiO₂ gebeurt door CNC in de vorm van poeder, zodat de klanten hun bestaande procesapparatuur kunnen blijven gebruiken. Cellicon kan poeder beschikbaar stellen met een vriesdroogverwerkingsstap. Een mt NCC zal 2,5 mt TiO₂ vervangen vanwege het soortelijk gewichtsverschil. De TiO₂ NCC in wit plastic heeft nog andere voordelen: het eindproduct is lichter, niet carcinogeen en brandbaar (TiO₂ brandt niet) en chemisch recyclebaar.

CO₂-besparing bij het vervangen van TiO₂ .[Een nieuwe methode voor de productie van titaniumdioxide pigment - het elimineren van CO₂- uitstoot \(technisch rapport\) | OSTI.GOV.](#)

Bovenstaande referentie geeft een indirect aantal CO₂-emissies per mt TiO₂ van 6 mt per mt TiO₂.

Het gebruik van 1 mt NCC om de equivalente hoeveelheid van 2,5 mt TiO₂ te vervangen betekent een CO₂-besparing van 15 mt CO₂ per verbruikte mt NCC.

Partners die interesse hebben in Nanocellulose voor deze toepassing zijn o.a. Holland Colours, Paperfoam

2.3.7 Economische haalbaarheid

Cellicon heeft een technologie tot op labschaal ontwikkeld (G2 Technologie) die wél in staat is nanocellulose op een efficiënte en goedkope manier uit plantaardig materiaal te winnen. Het is echter nog onduidelijk of de G2 Technologie efficiënt en rendabel functioneert wanneer deze wordt opgeschaald. Met behulp van de G2 Technologie kunnen mogelijk de volgende voordelen worden behaald:

- Het reduceren en terugdringen van de productie en het gebruik van materialen geproduceerd uit fossiele grondstoffen (m.n. plastics) en hierdoor ook het reduceren van CO₂ uitstoot;
- Het bevorderen van de circulaire economie door het produceren van nanocellulose uit afvalstromen zoals textiel;

Het produceren van nanocellulose onder lage kosten (factor 5 à 10 lager dan alternatieve technologieën) doordat er weinig energie vereist is en de gebruikte chemicaliën moeten kunnen worden teruggewonnen.

G2 TECHNOLOGY

- LAGE OPEX door het gebruik van oplosmiddelen drastisch te verminderen
- LAGE CAPEX door een eenvoudig proces
- GROENE technologie door het gebruik van goedkope en milieuvriendelijke oplosmiddelen
- GROENE technologie die OLIE vervangt als grondstof
- Het produceren van BIOLOGISCH AFBREEKBARE producten

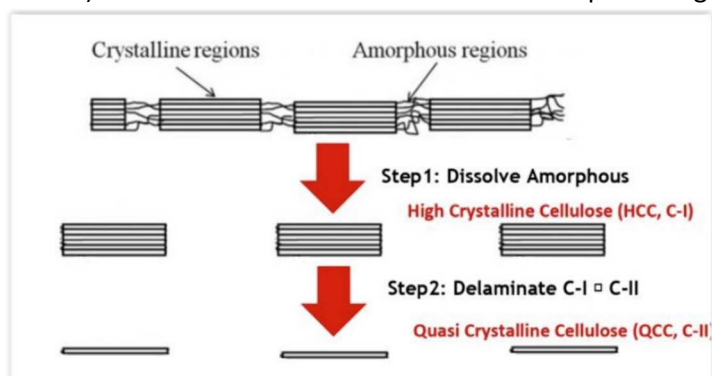
2.4 Werkwijze

In de projectbeschrijving is een opdeling gemaakt in 3 werkpakketten. In werkpakket 1 wordt gekeken naar het proces zelf: zijn er complicaties, zijn er versimpelingen mogelijk, hoe kan er zo efficiënt mogelijk geopereerd worden, en welke grondstoffen verdienen de voorkeur? Ook is er in werkpakket 1 aandacht voor circulariteit, in het bijzonder is er aandacht voor het terugwinnen van hulpstoffen. En ten slotte wordt in werkpakket 1 gekeken naar een procesontwerp pilotinstallatie. In werkpakket 2 worden business cases verder uitgewerkt en wordt aandacht besteed aan marktintroductie / marktacceptatie van Cellicon's nanocellulose. Ook wordt in dit werkpakket aandacht besteed aan Cellicon's "freedom to operate": is de IP positie van Cellicon voldoende sterk? Bestaan er patenten die ervoor kunnen zorgen dat Cellicon niet vrij is om op de voorgestelde wijze nanocellulose te kunnen produceren? In werkpakket 3 wordt tijd besteed aan de rapportage van het hele project en worden de verkregen resultaten in werkpakketten 1 en 2 gebruikt om tot een afweging te komen of het zinvol is om verder te gaan met de G2 technologie.

2.5 Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

In Cellicon's oorspronkelijke proces voor het produceren van nanocellulose wordt de grondstof behandeld met een hoog-geconcentreerd ZnCl₂ hydraat en wordt het in oplossing gebrachte cellulose geprecipiteerd door middel van een antisolvent. In een verbeterd / aangepast proces wordt de grondstof behandeld met een laag-geconcentreerd ZnCl₂ hydraat en wordt in eerste instantie alleen amorf materiaal opgelost. Het materiaal dat niet oplost bevat hoog kristallijne cellulose. In geval dat de grondstof een cellulose is, is het materiaal dat niet oplost een waardevolle cellulose: HCC (High Crystalline Cellulose). Het HCC lost op en kan vervolgens neergeslagen worden als nanocellulose door middel van een antisolvent. Het verkregen materiaal duiden we aan als QCC

(Quasi Crystalline Cellulose). Zie voor een visualisatie van dit nieuwe proces Figuur 12.



Figuur 4: Visualisatie nieuw proces nanocellulose

Een patent aanvragen voor dit nieuwe proces is gedaan onder het MIT project en inmiddels ook verleend.

In het onderhavige TSE project is dit nieuwe proces doorgerekend. Op die wijze zijn we gekomen tot het processchema in Figuur 2.

Hieronder volgt een beschrijving van de opeenvolgende processtappen met een beschrijving van de apparatuur die nodig is om in één procesgang cellulose om te zetten in cellulose producten:

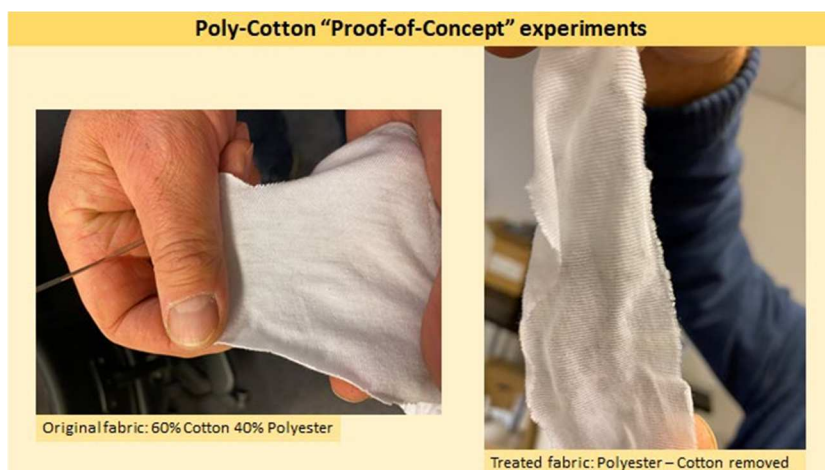
1. **Oplossen van cellulose houdende grondstof** (Dissolution -1 en Dissolution -2 gecombineerd met Filtration-1).
Proces: Bij deze eerste stap wordt cellulose gemengd met $ZnCl_2$ oplosmiddel om HCC te produceren als vast residu. De verkregen mengsels worden gefilterd om HCC te isoleren.
2. **Wassen (Washing-1) en (Washing-2)** worden gecombineerd met Filtration-2 en Filtration-3.
Proces: Wassen van de geproduceerde vaste materialen is nodig om de hoeveelheid $ZnCl_2$ in het uiteindelijke materiaal te verminderen.
3. **Precipitatie van de opgeloste producten (Precipitation-1) en (Precipitation-2)**
Proces: Opgelost materiaal wordt geprecipiteerd na Dissolution-2. Als resultaat slaat een product neer als vast materiaal en zal het uit het filter worden verwijderd. Dezelfde bewerking wordt gebruikt na Dissolution-1.
4. **Oplosmiddel reiniging en na-scheiding.**
Proces: De vloeistof bevat $ZnCl_2$ en niet-geprecipiteerd koolhydraten. De koolhydraten moeten uit het oplosmiddel worden verwijderd om hergebruik voor het proces mogelijk te maken. Tegelijkertijd moet $ZnCl_2$ in de vloeistofstromen worden verhoogd tot het vereiste niveau voordat het oplosmiddel kan worden hergebruikt in de processen.

Verder heeft Cellicon een massa balans studie uitgevoerd om procesparameters inzichtelijk te maken.

Wat het oorspronkelijk proces betreft kan in principe iedere biomassa gebruikt worden. Na oplossen van cellulose blijft lignine achter en kan nanocellulose geprecipiteerd worden met behulp van een antisolvent. Wat het nieuwe proces betreft, waarmee ook het nieuwe product gemaakt kan worden dient, de grondstof geen lignine meer te bevatten. Dergelijke grondstof zijn beschikbaar: katoen en houtpulp. Of kunnen uit biomassa verkregen worden door eerst het lignine te verwijderen.

Met behulp van de procesapparatuur kan ook het oorspronkelijke proces uitgevoerd worden.

Een zeer interessante toepassing voor het proces is het recyclen van textiel. Indien textiel, veelal bestaande uit een mengsel van polyester en katoen, behandeld wordt met $ZnCl_2$ hydraat dan lost het katoen op en blijft het polyester achter. Zie Figuur 5.



Figuur 5: Proof of concept polykatoen scheiding

Het polyester kan opnieuw gebruikt worden om textiel te maken. Dit geldt ook voor de geprecipiteerde nanocellulose. En op deze manier kan textiel gerecycled worden. Echter, voor wat betreft de geprecipiteerde nanocellulose zijn er hoogwaardigere toepassingen mogelijk, zoals lijn, vezels en composieten.

Cellicon heeft een inmiddels een ruime portfolio aan patenten op haar technologie en bij onderzoek naar concurrerende processen is geen IP gevonden die Cellicon zou kunnen belemmeren bij de verdere uitrol van de technologie. Dit geldt zowel voor het oorspronkelijke proces en nog meer voor het verbeterde / aangepaste proces zoals hierboven beschreven. Met dit verbeterde / aangepaste proces zijn we in staat om een volstrekt nieuw product te maken. Bovendien kunnen we met dit proces een hoog kristallijn cellulose maken, en ook dit product is nieuw ten opzichte van de cellulose die we met het oorspronkelijke proces kunnen maken.

Wat grondstoffen betreft zullen we ons in het vervolg concentreren op hoog cellulose bevattende materialen zonder lignine, zoals katoen en houtpulp.

De te gebruiken technologie / unit operations is standaard. Op labschaal en demoschaal zijn in het verleden de volgende grondstoffen onderzocht: bagasse, stro, gras en houtsnippers. Er zijn wat deze grondstoffen betreft geen problemen geconstateerd.

Wat circulariteit betreft is een belangrijk punt de verontreiniging van $ZnCl_2$ hydraat met suikerresten. In het verleden is aangetoond dat deze verontreinigingen zeer efficiënt verwijderd kunnen worden.

Het opnieuw in spec krijgen van het $ZnCl_2$ hydraat vereist verder nog een scheiding van een gedeelte van het water. Ook deze scheiding is bekende technologie, waarbij opgemerkt kan worden dat het water slechts gedeeltelijk verwijderd hoeft te worden.

De business cases, marktontwikkelingen en belemmeringen zijn in hoofdstuk 2.3 beschreven.

2.6 Discussie

Beschreven in hoofdstuk 2.3.

2.7 Conclusie en aanbevelingen op basis van de REACT aanvraag.

Aanleiding voor REACT aanvraag

Om klimaatdoelen te kunnen behalen is het noodzakelijk om de CO_2 -uitstoot drastisch te verminderen. Een belangrijke bijdrage kan geleverd worden door het gebruik van fossiele grondstoffen als olie, kolen en gas zoveel mogelijk te reduceren en te vervangen door hernieuwbare

alternatieven als onderdeel van een aanpak die klimaatopwarming tegengaat (in 2050 CO₂-neutraal). Inzet van bio-grondstoffen voor grondstoffen, materialen en producten zijn belangrijke maatregelen die nodig zijn om de doelstellingen van het Klimaatakkoord van Parijs te halen.⁷

De directe aanleiding van dit project is het recent beschikbaar komen van de gepatenteerde G2-technologie van Cellicon, een technologie waarmee het mogelijk wordt om een grondstof met veel toepassingsmogelijkheden (nanocellulose, CNC) op een goedkope wijze uit biomaterialen en afvalstromen te winnen. Cellicon heeft verschillende marktpartijen en kennisinstellingen benaderd om samen de inzet van deze grondstof in producten te vergroten. Het consortium dat hieruit ontstaan is, werkt aan het reduceren van CO₂-uitstoot door de vervanging van fossiele grondstoffen in producten. Alle betrokkenen zijn actief in het vergroten van het aandeel biograndstoffen in hun producten óf in het faciliteren van deze ontwikkelingen door middel van nieuwe processen of het delen van kennis.

Dit project kent deelnemers die eindproducten (verpakkingen, bankbiljetten) en tussenproducten (plastics, foams, vezels, kleurstoffen, lijmen) produceren en brengt hen samen met producenten van bio-grondstoffen (nanocellulose, zetmeel e.a.). Op die manier wordt vanuit zowel het perspectief van bio-grondstof als van toepassing naar elkaar toegewerkt om het aandeel bio-grondstoffen in producten significant te kunnen verhogen. Door een gezamenlijke aanpak van zowel producteigenaren, procesontwikkelaars en kennisleveranciers wordt de transitie van fossiele naar biobased grondstoffen in producten versneld.

Doelstellingen

Het consortium heeft als doel om door middel van kennisuitwisseling en het aangaan van nieuwe samenwerkingsverbanden het aandeel biograndstoffen in nieuwe en bestaande producten te verhogen.

Dit project draagt bij aan de realisatie van de doelstellingen van REACT EU door de transitie naar groene chemie, een duurzame economie waarbij de groei van de regionale economie wordt versterkt. Hierbij wordt kennis gevaloriseerd naar een efficiënt productieproces voor nanocellulose. Daarnaast is succesvolle marktintroductie geborgd door tijdens het opschalingsproject met deze grondstoffen nieuwe biobased producten te ontwikkelen door toepassing van nanocellulose als vervangende grondstof. Deze eindgebruikers zijn op basis van deze groene grondstof in staat om hun marktpositie te versterken en te behouden. Doordat in regio Oost meerdere bedrijven actief zijn op het gebied van bioplastics, is het belangrijk om deze kennisinfrastructuur verder te verankeren en te verwaarden in deze regio in een samenwerking tussen MKB, grote ondernemingen en de WUR. Het vervangen van fossiele grondstoffen door bio afvalstromen, is 1 van de pijlers van het REACT EU programma

3. Algemene informatie

Dit rapport is opgesteld door Cellicon B.V.. Kopieën van dit rapport zijn verkrijgbaar via email (gratis) of per post (tegen verzendkosten), aan te vragen via e-mail info@cellicon.nl.

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

⁷ *Biomassa in balans - Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biograndstoffen*, SER, 2020