FABULOUS

PHBV productie uit GFT

Openbaar eindrapport

Projectpartners

- Orgaworld B.V.
- Paques Biomaterials B.V.
- Technische universiteit Delft
- AMS instituut

1. Samenvatting van de uitgangspunten en doelstelling van het project en de samenwerkende partijen

Nederland streeft naar een circulaire economie die meer gebaseerd is op hernieuwbare grondstoffen en energie, en minder afhankelijk is van fossiele grondstoffen. Hieronder valt ook de wens om afvalstromen efficiënt te upcyclen en hernieuwbare biobased bronnen te gebruiken. Een belangrijke gemeentelijke afvalstroom is groente-, fruit-, en tuinafval (GFT). In grote delen van Nederland wordt GFT apart ingezameld. In stedelijke gebieden is dit niet altijd het geval, maar in grootstedelijke regio's is er een groeiende belangstelling voor gescheiden GFT-inzameling. Gescheiden GFT-inzameling vergemakkelijkt de juiste upcycling naar hoogwaardige producten. De huidige GFT verwerkingsprocessen zijn gebaseerd op anaerobe vergisting en/of aerobe compostering. Beide processen leveren relatief laagwaardige eindproducten op, b.v. methaan houdend biogas en compost. Er is potentie om hoogwaardige verbindingen uit GFT en overige organische reststromen te produceren, zoals vloeibare biobrandstoffen, bioplastics, lange keten vetzuren en andere specifieke verbindingen. Om dit mogelijk te maken is echter technologie vereist voor conversie van organische reststromen naar vluchtige vetzuren (VFA) via hydrolyse- en fermentatieprocessen. De potentie van VFA-rijke stromen als grondstof voor verdere verwerking tot hoogwaardige eindproducten is al eerder aangetoond.
Binnen dit project is een consortium gevormd tussen een afvalverwerker (Orgaworld), een technologie ontwikkelaar (Paques) en twee kennisinstituten (TU Delft en AMS institute) om GFT afval om te zetten in hoogwaardige biopolymeren.

Het doel van het project was het ontwikkelen van een hydrolyse en fermentatie proces voor de productie van VFA uit GFT (en overige organische reststromen) en hiermee het mogelijk maken van GFT (en overige organische reststromen) verwaarding naar verkoopbare eindproducten met de hoogst mogelijke waarde in een op VFA gebaseerd bio raffinage proces. Dit project bouwt voort op een eerder project waarin een technologie ontwikkeld is om vetzuren uit GFT te verwerken tot PHA. Voor een periode van drie jaar is er in dit project op lab en pilot schaal onderzoek gedaan om het proces te optimaliseren en om stabiele proces prestaties te demonstreren. Aan de hand van de data is de technische en economische haalbaarheid geëvalueerd. Het project draagt bij aan de Nederlandse doelstelling voor de circulaire samenleving in 2050. Bovendien zal het project bijdragen aan zowel een duurzame energiehuishouding als een verminderde afhankelijkheid van fossiele brandstoffen.

2. Resultaten, knelpunten en het perspectief voor de toekomst

De VFA pilot bestond uit vier 'leaching bed' reactoren voor hydrolyse en fermentatie van GFT, waarin water door het GFT gepercoleerd werd. Een PHA pilot was gekoppeld aan de VFA pilot om de VFA om te zetten in PHBV als hoogwaardig eindproduct (figuur 1). VFA vormt de basis van een heel biochemisch platform waarmee een grote verscheidenheid aan chemicaliën en materialen gemaakt kunnen worden.

Figuur 1. FABULOUS project pilot. Van links naar rechts: GFT hydrolyse pilot voor VFA productioe; PHBV biomass productie pilot; PHBV biomass pilot voor ontwatering en drogen

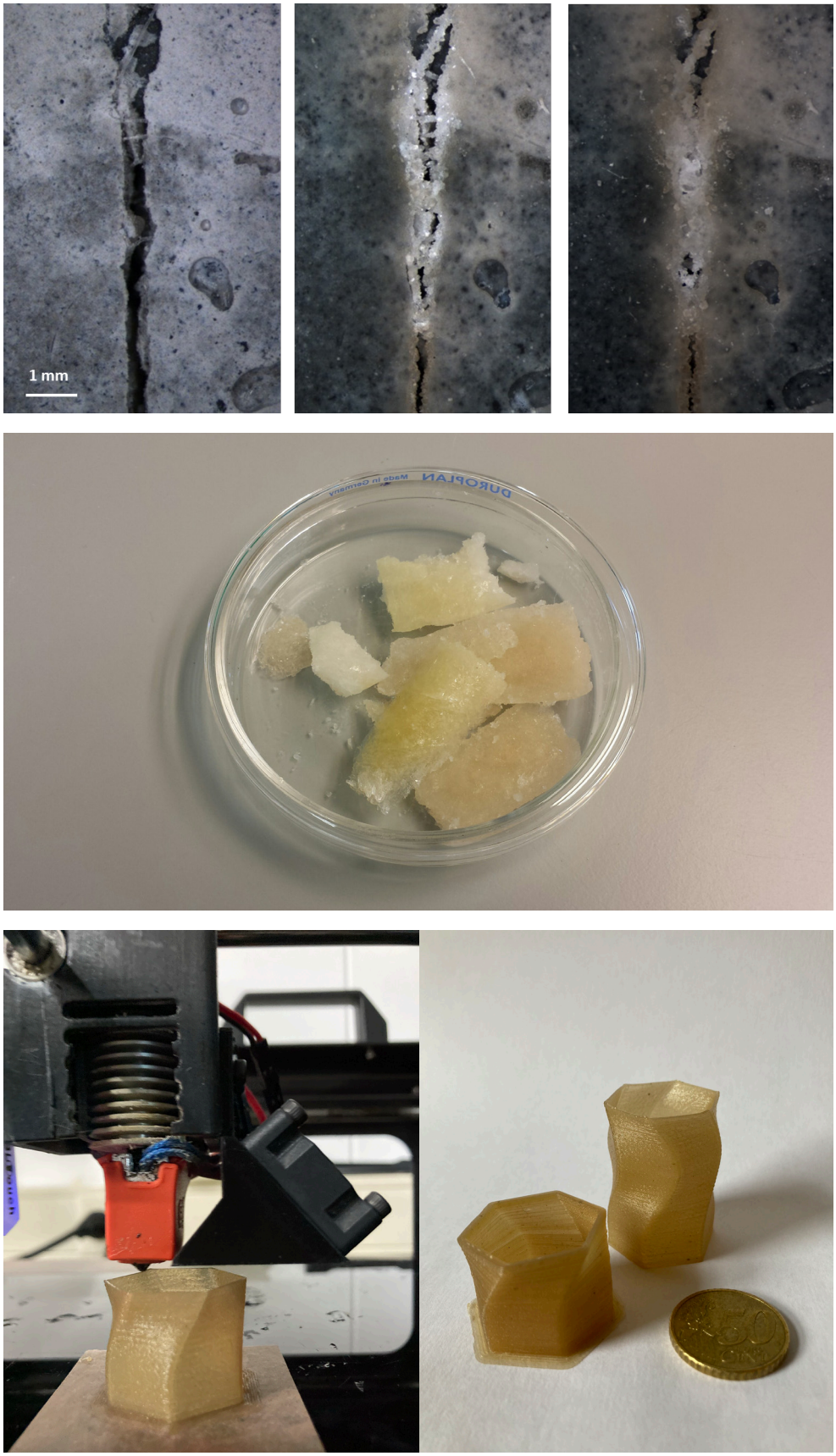
De VFA-productie van GFT is in de pilotfaciliteit geoptimaliseerd onder verschillende procesomstandigheden en met verschillende strategieën voor waterrecirculatie. Zowel met als zonder water recirculatie konden VFA's geproduceerd worden, die vervolgens in de PHA-pilot omgezet werden tot PHBV. Lab schaal testen hebben aangetoond dat de er een aanzienlijke seizoen variatie in de VFA-productiepotentieel van GFT zit. De hoogste opbrengsten worden in het winterseizoen verkregen, wanneer het GFT aanbod het laagst is. Verder hebben de lab schaal testen aangetoond dat alkaliniteit en de water/GFT-verhouding belangrijke factoren zijn, die de opbrengst van VFA beïnvloeden. Hogere opbrengsten worden verkregen bij een hogere alkaliniteit en een hogere water/GFT-verhouding. Ten slotte hebben de lab schaal testen laten zien dat verkleinen van het GFT weinig impact heeft op de VFA opbrengst. Naast GFT zijn ook slurries van voedselafval getest als potentiële bron voor VFA-productie en deze bleken zeer geschikt te zijn voor VFA-productie met hoge conversieopbrengsten.

Belangrijke knelpunten in het project zijn methaan productie en beperkte water doorlaatbaarheid van het GFT in het percolatiebed. Ondanks succesvolle implementatie van verschillende

strategieën om de pH te verlagen, werd nog steeds methaanvorming waargenomen. Aanvullende testen in het laboratorium en de pilotfaciliteit gaven aan dat methaanvorming werd veroorzaakt door biofilms die op de binnenwanden van de pilotinstallatie vormden. Rekening houdende met het hoge oppervlak tot volume ratio van een pilot installatie is de verwachting dat de waargenomen methaanproductie inherent is aan de schaal grootte van de installatie. Dit moet echter gevalideerd worden in een grotere schaal installatie.

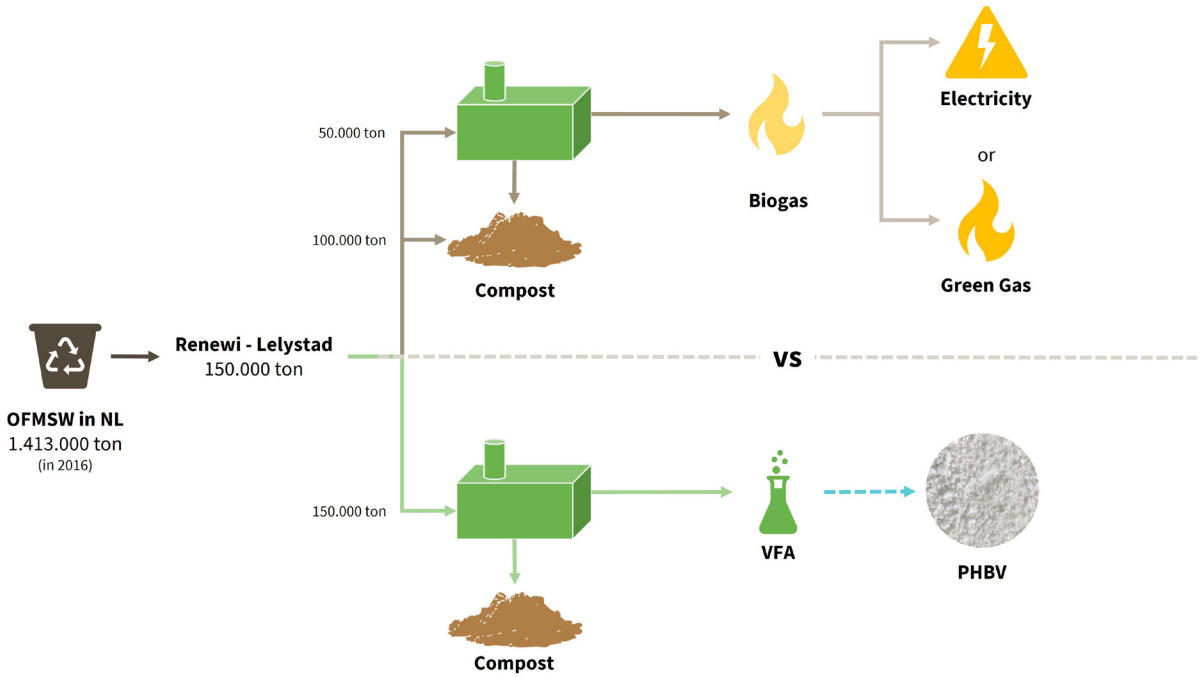
Naast methaanvorming werd het percolatieproces regelmatig verstoord door verstoppingen. Een goede menging van vers GFT met structuurmateriaal uit het composteringsproces is cruciaal zijn voor een goede werking van het percolatie systeem. Optimalisatie van de percolatie in relatie tot de verhouding vers GFT en structuurmateriaal zal in een installatie uitgevoerd moeten worden, waarin de hoogte van het percolatiebed vergelijkbaar is met de bedhoogte van een volle schaal installatie.

Om valorisatie van VFA geproduceerd uit GFT aan te tonen, werd het VFA-rijke percolaat van de GFT-hydrolyse gebruikt als substraat voor PHA-productie met behulp van een 'feast-famine' regime in een pilot bestaande uit een selector en accumulator reactor. Na meerdere aanpassingen in de proces condities ontstond een stabiel proces in de selector reactor. Wanneer de proces prestaties in de selector reactor stabiel waren, werd spui slib gebruikt voor PHA-accumulatie in een accumulator reactor om het PHA-gehalte te maximaliseren. In de PHA-pilot werd de geproduceerde VFA vloeistofsuccesvol omgezet in PHBV, met goede PHBV-gehalten en conversieopbrengsten. Na ontwatering en droging van de PHBV-rijke biomassa werd PHBV geëxtraheerd en als zuiver poeder verkregen. Het gezuiverde PHBV is vervolgens gebruikt voor de ontwikkeling van diverse producttoepassingen. Toepassing in 'self-healing' agent voor beton, in de productie van crotonzuur en als filamenten voor 3D-printen zijn kansrijk gebleken (figuur 2).



Figuur 2. Van boven naar beneden: 'self-healing' agent voor beton; productie van crotonzuur; 3D prints van PHBV filament

Aan de hand van de Lab- en pilot schaal testresultaten is een steady-state procesmodel ontwikkeld, dat de conversies beschrijft van een bioraffinage proces waarin GFT omgezet wordt in verschillende eindproducten. Het model vormt de basis van een blue-print voor een volle schaal bioraffinage met een jaarlijkse verwerkingscapaciteit van 150kton GFT en een businesscase.



Figuur 3. Businesscase voor conversie van GFT naar PHA in vergelijking met elektriciteit en groen gas

De businesscase toont aan dat een bioraffinage proces voor de conversie van GFT naar PHA via VFA economisch haalbaar is en interessanter dan de huidige gft-verwerkingsopties (figuur 3). De grote investeringen moeten echter worden ondersteund door lange termijn afnamecontracten met premium prijzen en overheidssteun om de hoge investeringen te verminderen.

3. Bijdrage aan doelstellingen

Momenteel wordt GFT voornamelijk omgezet in laagwaardige producten, zoals biogas en compost. Het doel van dit project was om GFT om te zetten in hoogwaardige producten. Daarom is GFT omgezet in vetzuren, die als input diende voor de productie van PHBV bioplastics. Dit draagt bij aan de verduurzaming van producten en het doel van Nederland om 2050 volledig circulair te zijn. Allereerst omdat organisch restaval uit de stedelijk context wordt hergebruikt en zelfs omgezet wordt in het hoogwaardige product PHBV. Dit heeft als bijkomstig voordeel dat niet langer primaire landbouwproducten, zoals suikerstromen, hoeven worden gebruikt voor de productie van VFA. Verder levert de ontwikkeling van kennis over VFA productie een positieve bijdrage, omdat de productie van VFA, de mogelijkheid biedt om op fossiele grondstoffen gebaseerde producten te vervangen. De vervanging van conventionele plastics door PHA bioplastic bespaart grofweg 4 ton CO2 en 40 GJ per ton PHA; (Nova instituut, 2012, Bio-based plastics convince with high climate protection potential and low use of fossil resources). Door GFT om te zetten in PHA in plaats van biogas kan in Nederland in totaal 98 kton CO2 per jaar en 978 TJ energie bespaard worden.

Daarnaast geeft de kennis die ontwikkeld is binnen dit project de betrokken bedrijven een uniek inzicht in de business case voor de productie van VFA en PHA uit organisch afval. Dit zorgt er voor dat de Nederlandse bedrijven een voorsprong krijgen in het opzetten van deze innovatieve technologie en zo de kans krijgen om als eerste de gerelateerde markten te veroveren.

4. Spin off binnen en buiten de sector

- Paques biomaterials: spinn off
  Eind 2020 is Paques volledig in handen is gekomen van Duitse investeringsmaatschappij SKion Water. Een belangrijk onderdeel van deze aandelentransactie was dat de PHA activiteiten van Paques, ondergebracht in Paques Biomaterials B.V., uit Paques werden gehaald en werden voortgezet als separate entiteit. De bioplastic industrie en m.n. het hiervoor benodigde businessmodel, pasten niet goed bij de kernactiviteiten van Paques, t.w. het leveren van waterzuiveringsinstallaties. Door partijen werd daarom geconcludeerd dat het ontwikkelen van de PHA markt een focus vergt die eigenlijk alleen in een aparte entiteit goed te bewerkstelligen is.

- Realisatie volle schaal bio raffinageproces
  Momenteel is Orgaworld in samenwerking met Paques biomaterials en andere partners plannen aan het uitwerken om een eerste volle schaal bio raffinageproces te realiseren voor de conversie van GFT naar PHBV en andere producten.

5. Algemene informatie

Publicaties, presentaties en deelname aan evenementen

- Tido Giesen heeft een artikel gepubliceerd op het online platform 'AfvalOnline' op 4 oktober 2021, genaamd 'bioplastic produceren kan met wisselende samenstelling GFT'.
- Ahmed Fergala en Tido Giesen hebben resultaten gepresenteerd op het symposium "7th mixed microbial culture PHA, properties and applications workshop" in Valencia in september 2021
- João Sousa heeft resultaten gepresenteerd op de EU ResUrbis project stakeholder bijeenkomst in februari 2019 in Venetië met de titel "Demonstration of PHBV production from waste streams at large scale'
- João Sousa heeft resultaten gepresenteerd tijdens het Wetsus congres in oktober 2019 in Leeuwarden met de titel 'The Plastic Challenge! The power of combining different challenges in an integrated solution'

Bovenstaande en dit publieke rapport zijn te verkrijgen via ons contactpersoon:

Joop Suurmeijer
Manager Technology, Innovatie & Business development
j.suurmeijer@orgaworld.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.