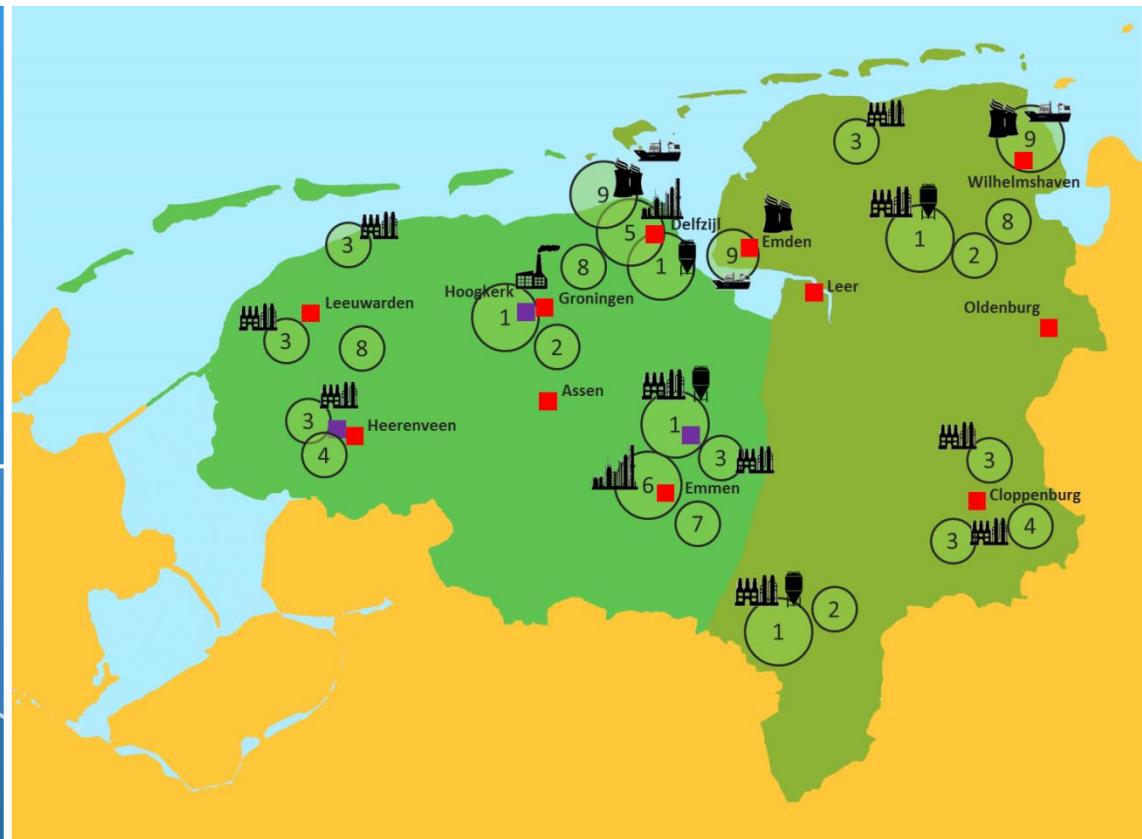


# Noord4Bio

## Concrete kansen voor een biobased economy in Noord-Nederland



Harriëtte Bos  
Rolf Blaauw  
Paulien Harmsen  
Johan Sanders  
Gert-Jan Euverink  
Errit Bekkering

  
greenlincs  
AgriFood & Biobased Economy  
Northern Netherlands

  
biobrug



FOOD & BIOBASED RESEARCH  
WAGENINGEN UR



# Noord4Bio

## Concrete kansen voor een biobased economy in Noord-Nederland

Harriëtte Bos, Rolf Blaauw, Paulien Harmsen, Johan Sanders, Wageningen UR - FBR  
Gert-Jan Euverink, RUG  
Errit Bekkering, Greenlincs

Rapport nr. 1555

## Colofon

Titel	Noord4Bio: Concrete kansen voor een biobased economy in Noord-Nederland
Auteur(s)	Harriëtte Bos, Rolf Blaauw, Paulien Harmsen, Johan Sanders (Wageningen UR - FBR), Gert-Jan Euverink (RUG), Errit Bekkering (Greenlincs)
Nummer	1555
ISBN-nummer	978-94-6257-513-4
Publicatiedatum	1-4-2015
Vertrouwelijk	Nee

Wageningen UR Food & Biobased Research  
P.O. Box 17  
NL-6700 AA Wageningen  
Tel: +31 (0)317 480 084  
E-mail: [info.fbr@wur.nl](mailto:info.fbr@wur.nl)  
Internet: [www.wur.nl](http://www.wur.nl)

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.*

## Managementsamenvatting

Noord-Nederland (de drie noordelijke provincies) kan een grootschalige producent en leverancier worden van hernieuwbare grondstoffen voor de regionale productie van 'groene' chemicaliën, kunststoffen en veevoeder eiwit. Door nauwe samenwerking met het Duitse Weser-Emsgebied kan de voorziening van biomassa-grondstoffen van 'eigen bodem' worden versterkt. Daardoor kan Noord-Nederland uitgroeien tot een speler van wereldformaat hetgeen voor Nederland en Europa een unieke positie betekent. Dit komt doordat Noord-Nederland een combinatie van sterktes heeft: goede zeehavens, een chemie- en kunststoffencluster, sterk ontwikkelde akkerbouw met veel ruimte om uit te breiden en veehouderij. Daarnaast heeft de regio goede toegang tot kennis. Door deze combinatie kan de regio concrete kansen benutten waarmee (1) de relatief kleine chemieclusters in het gebied kunnen groeien door middel van de productie van biobased chemische bouwstenen en processen, (2) op basis van deze en andere bouwstenen een positie kan worden opgebouwd op het gebied van bioplastics en andere biobased materialen, en (3) voldoende eiwit voor diervoeder wordt geproduceerd en tegelijkertijd het mestprobleem wordt verkleind.

Het is belangrijk om voldoende bedrijven te mobiliseren die zich als eigenaar van de kansen willen zien. Doel is daarbij om gezamenlijk met andere bedrijven en ondersteund door bijvoorbeeld Greenlinks, GreenPAC en Eemsdelta Green de prioritering van de plannen te stellen en deze met vereende krachten te gaan oppakken.

Voortbouwend op eerdere rapporten zoals het actieplan van de commissie Willems en de roadmap van de NOM, zijn in deze Noord4Bio-studie concrete kansen geïdentificeerd om de agrarische sector aan te laten sluiten op de chemie- en kunststoffensectoren van de regio, en zijn op basis van deze kansen aanbevelingen geformuleerd waarmee duurzame groei van de regio kan worden bewerkstelligd.

De belangrijkste aanbevelingen uit het rapport zijn:

*Geef hoge prioriteit aan het gericht benaderen (wereldwijd) van bedrijven om gezamenlijk te investeren in (a) de totstandkoming van een fermentatie-unit waarin koolhydraten kunnen worden omgezet in bouwstenen voor de chemie, en op termijn in (b) een raffinaderij waar lignocellulose (reststromen) biomassa kan worden ontsloten en omgezet in koolhydraten voor chemie.*

*Zorg voor afstemming tussen de biopolymeerontwikkeling in Emmen en de investering in de fermentatie-unit(s). Versterk de ontwikkeling van bioplastics (polyesters, polyamides) in Emmen in een strategische alliantie met het biopolymeeronderzoek in Wageningen en het BPM (biobased performance materials) onderzoeksprogramma, waarbij ook de RUG is aangesloten. Realiseer een pilot omgeving inclusief een pilotplant voor productie van nieuwe polyesters.*

*Organiseer in Emmen workshops waarbij verschillende (MKB) ondernemers, zoals potentiële afnemers van bioplastics die consumentenproducten maken, informatie kunnen uitwisselen over de specifieke kansen die de huidige infrastructuur al biedt.*

*Organiseer met bestaande marktpartijen in Nederland en in Weser-Ems de vraag naar eiwitten verkregen uit nieuwe raffinageprocessen als componenten voor veevoer, zodat de ketens van de grond kunnen komen. Marktpartijen die hiervoor benaderd moeten worden zitten vanzelfsprekend bij de veevoerindustrie maar ook bij de zuivelindustrie en de boeren, omdat deze veel baat kunnen hebben bij eiwitgrondstoffen met weinig stikstof- en fosfaat-last.*

*Verleid bedrijven om te investeren in Delfzijl door het gericht benaderen van passende bedrijven (door een speler als NOM/Greenlincs en/of GSP) en de Regionale Investeringssteun Groningen (RIG) als instrument om investeringen te ondersteunen en/of te continueren.*

*Creëer een stimulans voor de productie van 'groene' chemicaliën (zoals epichloorhydrine uit glycerol, azijnzuur en furaandicarbonzuur uit suikers) door de SDE+ open te stellen voor het gebruik van groene energie uit reststromen in groene productieprocessen.*

*Realiseer een financiële ondersteuning voor het produceren van niet-energetische producten (chemicaliën, materialen) uit biomassa, zodat een 'level playing field' wordt gecreëerd voor zowel chemie als energie.*

Het zijn bedrijven die investeren en nieuwe business genereren, maar dit gaat niet vanzelf. Nieuwe consortia zullen niet zomaar ontstaan. Dit zal moeten worden aangejaagd en gefaciliteerd en hier zijn middelen voor nodig. Daarnaast zijn er middelen nodig om investeringen (mede) te dragen. Inhoudelijke sturing op het proces komt idealiter vanuit het bedrijfsleven gefaciliteerd door een partij als Greenlincs, GreenPAC of Eemsdelta Green.

Daarnaast dient het proces, om de ideeën te verspreiden met presentaties, te worden doorgezet. Hier speelt de begeleidingscommissie van het project een centrale rol.

Veel van de ontwikkelingen vinden over verschillende sectoren plaats. Dat betekent dat bedrijven uit de verschillende sectoren zich moeten gaan verbinden, maar dat geldt evenzeer voor de politiek. De gedeputeerden worden daarom ook opgeroepen op politiek/bestuurlijk niveau de verbinding te maken tussen landbouw en economie.

In zowel Noord-Nederland als in Weser-Ems wordt door een groot aantal industriële partijen gewerkt aan nieuwe innovatieve technologieën en toepassingen. Veel van deze partijen worden genoemd in dit rapport als mogelijke actoren om de verschillende clusters te helpen vormgeven. Ook partijen met relevante kennis of technologie die niet zijn genoemd zijn vanzelfsprekend van harte uitgenodigd om te reageren op deze studie en zich op te werpen om een bijdrage te leveren aan het concreet vormgeven van een cluster.

Realisatie van de 'groene smaragd van het Noorden' gaat slechts lukken indien verschillende partijen voorbij hun eigen grenzen willen kijken, en samenwerking tussen verschillende sectoren wordt opgepakt. Kan en wil Noord-Nederland zijn belangrijkste stakeholders uitdagen zich als eigenaar op te werpen van deze ontwikkeling naar een glorende toekomst?

## **Inhoudsopgave**

<b>1</b>	<b>Samenvatting en aanbevelingen</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Aanleiding, vertrekpunt en werkwijze</b>	<b>17</b>
2.1	Aanleiding	17
2.2	Vertrekpunt	17
2.3	Werkwijze	19
<b>3</b>	<b>Resultaten en conclusies</b>	<b>21</b>
3.1	Sterktes en zwaktes van het Noord4Bio-gebied	21
3.2	Ideeën, cases en clusters	21
3.3	Uitgangspunten van de clusters	23
3.4	Weging van de clusters	23
3.5	Conclusies	23
<b>Bijlage 1</b>	<b>Relevante gegevens</b>	<b>26</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Confrontatiematrix</b>	<b>28</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Geïnterviewde experts</b>	<b>29</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Overzicht met relevante BBE rapporten</b>	<b>30</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Beschrijving van de clusters (aparte inhoudsopgave)</b>	<b>39</b>





## 1 Samenvatting en aanbevelingen

Noord-Nederland, de drie noordelijke provincies, vormt een gebied met een aantal unieke kenmerken. In de afgelopen jaren is er een aantal studies gedaan gericht op de mogelijkheden om door het verbinden van de agrarische en chemische sectoren in het gebied een nieuwe biobased economy te creëren, teneinde de economische ontwikkeling van Noord-Nederland een nieuwe stimulans te geven. Noord4Bio bouwt voort op de eerder gedane studies. In Noord4Bio is –in opdracht van het ministerie van EZ– een aantal van de kansrijke mogelijke ontwikkelingen verder in kaart gebracht en geconcretiseerd. Aan de hand van een breed portfolio van kansen, afgezet tegen de specifieke sterktes van het gebied waarin elk van de drie noordelijke provincies met verschillende sterktes bijdraagt, is een negental clusters gedefinieerd die verder zijn uitgewerkt.<sup>1</sup> Bij de definitie van de clusters zijn ook de mogelijkheden van het Weser-Ems gebied aan de andere kant van de grens meegenomen omdat er gezamenlijke kansen zijn die ieder van de gebieden alleen niet kunnen verwezenlijken.

Uitgangspunt bij de selectie en uitwerking van de clusters is dat er telkens een economische drager moet zijn - een product met een toepassing van voldoende waarde in combinatie met voldoende marktomvang - die de ontwikkeling van het cluster economisch haalbaar maakt. Binnen Noord4Bio zijn de drie belangrijkste economische dragers voor de biobased economy als uitgangspunt genomen: (1) moleculen uit biomassa die kunnen worden omgezet in gefunctionaliseerde chemicaliën, waaruit bijvoorbeeld bioplastics kunnen worden gemaakt, (2) materialen uit biomassa met waardevolle functionele eigenschappen en (3) eiwit voor diervoeder, dat via bioraffinage kan worden vrijgemaakt. Hiernaast is de inzet van de reststromen naar bijvoorbeeld materiaaltoepassingen of energie meegenomen. De negen clusters zijn vervolgens verder zoveel mogelijk geconcretiseerd, waarbij is onderzocht welke productieketens opgezet kunnen worden, wat globaal de benodigde investeringen zijn, hoeveel grondstoffen nodig zijn en waar deze vandaan kunnen komen, hoeveel werkgelegenheid het cluster kan opleveren, welk bestaande partijen (kunnen) aansluiten bij het cluster en wat er nodig is om het cluster verder vorm te geven.

De negen clusters zijn als volgt gedefinieerd:

### ***Cluster 1, Koolhydraten uit bioraffinage voor de chemie***

De productie van grondstoffen voor de chemie, via het opzetten van een bioraffinagefaciliteit voor de in het noorden aanwezige biomassa (reststromen, lignocellulose) gericht op de productie van onder andere fermenteerbare suikers. Daarnaast het investeren in een fermentatiefabriek en deze uit te bouwen tot een groter complex, waar uit fermenteerbare suikers bouwstenen voor bioplastics en andere toepassingen worden geproduceerd.

### ***Cluster 2, Cellulose, oude grondstof voor nieuwe chemie***

De productie van zuivere cellulose voor verschillende bedrijven, aansluitend bij de ontsluiting (bioraffinage) van lignocellulose grondstoffen. Zuivere cellulose is een grondstof waaruit bijvoorbeeld verdikkingsmiddelen en polymere vezels en folies (cellofaan) worden geproduceerd en waar zowel in Nederland als in Duitsland blijvende vraag naar is.

---

<sup>1</sup> Een cluster is een groepering van een aantal ideeën (cases) die zoveel gelijkenis vertonen, op basis van grondstoffen, product, technologie of locatie, dat deze in samenhang zijn uitgewerkt.

**Cluster 3, Eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoeders**

Gericht op het beschikbaar maken van eiwitten voor veevoer door verschillende bioraffinageconcepten, om extra opbrengst voor de boer te genereren, de import van veevoer als soja sterk te verminderen en het mestprobleem te helpen verkleinen.

**Cluster 4, Amino-zuren als grondstof voor de productie van commodity chemicaliën**

De productie van amino-zuren voor voeding, veevoer en als bouwsteen voor gefunctionaliseerde chemicaliën. Deels aansluitend bij het eiwitschuurconcept, waar eiwitten via bioraffinage worden vrijgemaakt, maar eventueel ook aansluitend bij andere bioraffinage-activiteiten waarbij eiwit of amino-zuur wordt geproduceerd.

**Cluster 5, Biobased chemie in Delfzijl**

Gericht op het vergroenen van het chemiepark in Delfzijl, uitgaande van de sterktes van het park, zoals de aanwezigheid van verschillende grondstoffen, en de aansluiting met het agrarisch achterland én de haven. De aansluiting met biomassa als grondstof biedt kansen om de productie van meer-hoogwaardige chemicaliën in Delfzijl uit te breiden, hetgeen op basis van de petrochemie zonder biobased grondstoffen en processen moeilijk denkbaar is.

**Cluster 6, Van koolhydraten naar polyesters en andere bioplastics**

Aansluitend op cluster 1, 5 en op termijn 4 het richten van de activiteiten in Emmen op de productie en het verder vermarkten van groene polyesters en op termijn andere bioplastics. De aanwezige infrastructuur en kennis biedt de mogelijkheid om Emmen uit te bouwen tot een sterk centrum van biopolymeer- en biomateriaalontwikkeling.

**Cluster 7, Biocomposieten, proeftuin voor nieuwe materialen**

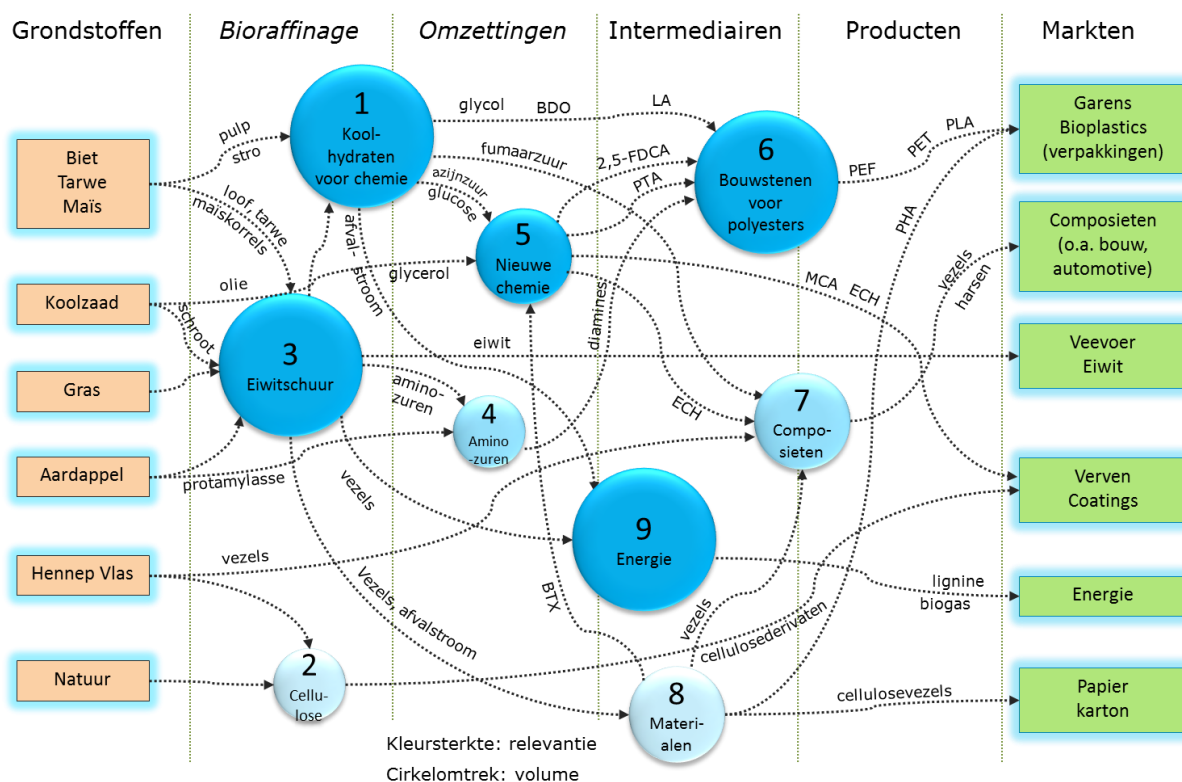
Gericht op de ontwikkeling van biocomposieten, ook aansluitend op de kennis in Emmen, waarbij wordt gezocht naar nieuwe vormgevingsmogelijkheden door nieuwe productie processen, en op termijn tevens aangesloten kan worden bij cluster 1 en 5 door de inzet (en ontwikkeling) van groene harssystemen.

**Cluster 8, Waarde uit complementaire of reststromen; materiaaltoepassingen**

Dit cluster bevat een aantal opties om bestaande en nieuwe complementaire stromen in te zetten in verschillende materiaaltoepassingen, aansluitend bij een aantal activiteiten van spelers uit het gebied.

**Cluster 9, Waarde uit complementaire of reststromen; calorische toepassingen en hoge temperatuur processen**

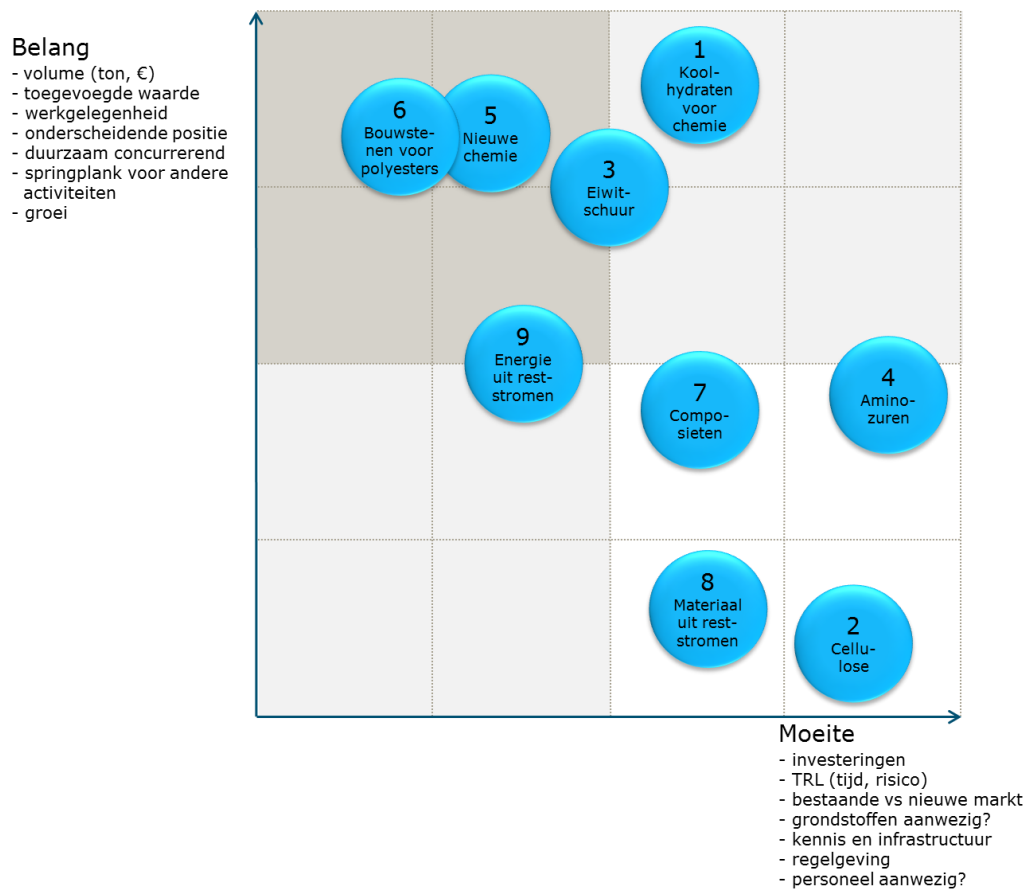
Dit cluster bevat een overzicht van mogelijkheden en onmogelijkheden om aanwezige complementaire stromen in te zetten voor calorische toepassingen.



**Figuur 1:** Samenhang van de clusters

De negen clusters zijn uitgebreid beschreven in bijlage 4 van dit rapport, waarbij schattingen worden gemaakt van potentiële omvang, benodigde investeringen en werkgelegenheid. Tevens wordt ingegaan op mogelijk te betrekken partijen. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit rapport niet beoogt om volledig te zijn als het gaat om lopende initiatieven van bedrijven uit de regio. Het doel is om structuur te geven aan de verschillende manieren waarop de link tussen Agro en Chemie kan worden versterkt. Als bedrijfsnamen worden gebruikt in de clusterbeschrijvingen, dan dienen deze alleen ter illustratie.

De clusters vertonen samenhang zoals al naar voren komt in de opsomming, omdat ze deels op elkaar voortbouwen. Dit is weergegeven in figuur 1. Een aantal clusters zal niet van de grond komen zonder ontwikkeling van een ander cluster. Sommige clusters zijn echter sneller te realiseren bijvoorbeeld omdat de benodigde technologie (bijna) beschikbaar is, of de benodigde investeringen lager liggen. Het ligt derhalve niet voor de hand om alle clusters tegelijkertijd te gaan ontwikkelen. In figuur 2 zijn de clusters ten opzichte van elkaar gepositioneerd op basis van hun belang in combinatie met de moeite die moet worden gedaan om een cluster van de grond te trekken. Op basis van deze inschatting is de conclusie dat de clusters 1, 3, 5 en 6 als meest belangrijk naar voren komen. Op de korte termijn inzetten op de ontwikkeling van deze vier clusters kan een significante bijdrage leveren aan de versterking van de economische activiteit in Noord-Nederland en aan de samenwerking tussen de chemische sector en de agrosector. De overige clusters kunnen in het verlengde van de eerste vier worden opgepakt.



**Figuur 2.** Belang versus moeite van de verschillende clusters, naar inschatting van het projectteam.

Het projectteam heeft de volgende aanbevelingen opgesteld om de clusters verder tot ontwikkeling te laten komen:

### **Cluster 1, Koolhydraten uit bioraffinage voor de chemie**

In Noord-Nederland zijn voldoende grondstoffen aanwezig op basis waarvan zich een aantal biobased productieketens kan ontwikkelen. Bovendien profiteert het gebied van de mogelijke aanvoer van grondstoffen overzee, waardoor de volatiliteit in grondstofprijzen zal worden beperkt. Het landbouwgebied van Weser-Ems vormt een essentiële uitbreiding van het grondstoffen-potentieel t.b.v. verdere industriële uitbreidingen in Noord-Nederland.

Het suikerbietareaal kan verder groeien, en met het ontwikkelen van verschillende biobased cases zullen ook steeds meer reststromen vrijkomen. Er zijn echter twee dingen die ontbreken:

- Een fermentatieplant, waar fermenteerbare suikers (uit bestaande suikerfabriek of bioraffinageplant, zie hieronder) kunnen worden omgezet tot verschillende chemische bouwstenen, inclusief de isolatie en opwerking (downstream processing, DSP)

- Een bioraffinageplant waar grondstoffen die lastiger tot fermenteerbare suikers zijn om te zetten, zoals lignocellulose, kunnen worden voorbehandeld en gescheiden. Een goede plaats voor deze eerste verwerkingsstap kan het bedrijvenpark Zuid-Groningen zijn.

Investerings in beide fabrieken zijn belangrijk om Noord-Nederland een positie te laten innemen als producent van biobased chemicaliën. Ook voor Clusters 5 en 6 is een succesvolle ontwikkeling van Cluster 1 belangrijk. Het uitlokken van investeringen in de bouw van een fermentatieplant heeft prioriteit. De grondstoffen voor de plant kunnen dan in eerste instantie komen uit eerste-generatie koolhydraten (suikerbiet). Later kan de te bouwen bioraffinageplant ook grondstoffen gaan leveren.

*Advies: Benader gericht (wereldwijd) bedrijven om hierin (gezamenlijk) te investeren (opzetten van fermentatie-unit en bijproducten ontsluiten). Tevens kan worden aangesloten bij CCC (Carbohydrates Competence Centre); een deel van het onderzoek naar ontsluiting en chemicaliën uit koolhydraten vindt daar ook nu al plaats.*

### **Cluster 6, Van koolhydraten naar polyesters en andere bioplastics**

Het polymeercluster in Emmen kan, dankzij de productie van groene chemische bouwstenen in Noord-Nederland, uitgroeien tot een productielocatie van hoogwaardige bioplastics en een innovatiekern voor nieuwe materialen op basis van de aanwezige kennis, ervaring en infrastructuur. Deze kans wordt geboden omdat door het gebruik van biomassa er relatief kleinschalige productieprocessen voor polyesterbouwstenen mogelijk worden die niet noodzakelijk in een groot chemisch complex als de Haven van Rotterdam gevestigd moeten zijn. Bottleneck voor de ontwikkeling is dat het nog enkele jaren duurt voordat er nieuwe biobased chemische bouwstenen beschikbaar komen, terwijl de productiefaciliteiten voor de polyesters op dit moment al beschikbaar zijn in Emmen. Productie kan nu eventueel al plaatsvinden op basis van bouwstenen die van elders worden gehaald. Hiermee wordt geborgd dat de benodigde kennis van de productie van specialties behouden blijft. Op dit moment is er in Emmen een COCI (Centre of Open Chemical Innovation), maar een versterking daarvan is wenselijk omdat de basis relatief smal is. Het is belangrijk dat er in Emmen een voorschot wordt genomen op de nieuwe materialen die komende jaren naar verwachting op de markt zullen komen.

*Advies: Zorg voor afstemming tussen de biopolymeerontwikkeling in Emmen en de investering in de fermentatie-unit in cluster 1. Versterk de ontwikkeling van bioplastics in Emmen in een strategische alliantie met het biopolymeeronderzoek in Wageningen en het BPM (biobased performance materials) onderzoeksprogramma, waarbij ook de RUG is aangesloten. Intensievere samenwerking kan hier zorgen voor meer massa en zichtbaarheid. Realiseer een pilot omgeving (plant) voor producties van nieuwe polyesters.*

*Organiseer in Emmen workshops waarbij verschillende (MKB) ondernemers (zoals potentiële afnemers van bioplastics die consumentenproducten maken) informatie kunnen uitwisselen over de specifieke kansen die de huidige infrastructuur al biedt.*

### **Cluster 3, Eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoerders**

Het raffineren van verschillende eiwithoudende grondstoffen tot veevoer en andere producten is voor zowel Noord-Nederland als het Weser-Ems-gebied in Duitsland interessant. Friesland speelt

hierbij met een groot grasareaal een specifieke rol. In zowel Noord-Nederland als Weser-Ems kan dit cluster bijdragen aan het verminderen van het mestprobleem, en brengt het non-GMO veevoer op de markt waar vraag naar is. Waar Braziliaanse soja in de afgelopen jaren goedkoper was, wordt de lokale (kleinschalige) raffinage-technologie nu haalbaar, omdat nu ook de bijproducten beter verwaard kunnen worden vanwege de inmiddels toegenomen vraag in de wereld naar deze bijproducten. Verschillende kleinere ondernemers staan klaar om activiteiten te gaan ondernemen, die binnen nu en enkele jaren kunnen worden opgezet.

*Advies: Probeer om met bestaande marktpartijen een marktvraag naar deze veevoercomponenten in Nederland en in Weser-Ems te definiëren en concretiseren zodat de ketens van de grond kunnen komen. Marktpartijen die hiervoor benaderd moeten worden zitten vanzelfsprekend bij de (vochtrijke) veevoerindustrie maar ook bij de zuivelindustrie en de boeren, omdat deze veel baat kunnen hebben bij eiwitgrondstoffen die weinig stikstof en fosfaat bevatten.*

### **Cluster 5, Biobased chemie in Delfzijl**

Het chemiepark Delfzijl heeft middels het beschikbaar komen van gefunctionaliseerde bouwstenen uit biomassa de kans om van een sterk op anorganische basischemie gebaseerd cluster uit te groeien naar een productiesite voor gefunctionaliseerde chemicaliën op basis van biomassagrondstoffen. Het park heeft een goede uitgangspositie door de aanwezigheid van de haven en de beschikbare grondstoffen uit het achterland en er ligt een aantal haalbare business cases klaar. Op dit moment is er een 'window of opportunity' om een aantal groene investeringen daadwerkelijk binnen te halen. Drie dingen zijn hiervoor noodzakelijk:

1. Investeringsondersteuning: dit kan uit de RIG 2014 (Regionale Investeringssteun Groningen 2014, 20 m€ beschikbaar gesteld door het ministerie van EZ en ook 20 m€ door de provincie Groningen) en mogelijk ook uit het Europese BBI initiatief (biconsortium.eu).
2. Bijdrage aan energiekosten: wij adviseren de rijksoverheid om ook de inzet van hernieuwbare energie (en/of van hernieuwbare grondstoffen) voor productie van groene chemicaliën te laten vallen onder de SDE+ regeling.
3. Grondstofbeschikbaarheid: deze is in het gebied goed te regelen.

Ook de groene productie van epichloorhydrine kan goed plaatsvinden in Delfzijl omdat alle noodzakelijke grondstoffen aanwezig zijn. Daarnaast zijn er kansen voor groene productie van azijnzuur en monochloorazijnzuur.

Er ligt een grote kans om de chemie in Delfzijl een nieuwe richting in te laten slaan, maar het is nu of nooit, omdat investeringen anders op een andere plek zullen terechtkomen.

*Advies: Verleid bedrijven om te investeren in Delfzijl door gericht benaderen van passende bedrijven (door een speler als Greenlincs en/of Eemsdelta Green) op basis van een uitgewerkte 'value proposition' en daarnaast de Regionale Investeringssteun Groningen (RIG) als instrument om investeringen te ondersteunen te continueren.*

*Stel daarnaast de SDE+ open voor het gebruik van groene energie uit reststromen in productieprocessen voor groene chemicaliën uit biomassa. Organiseer daarnaast ook voor het produceren van (niet-energetische) producten uit hernieuwbare grondstoffen een financiële ondersteuning, zodat een 'level playing field' wordt gecreëerd voor de toepassing van biomassa.*

Na het tot ontwikkeling brengen van deze eerste vier clusters kunnen in het verlengde de overige clusters worden ontwikkeld. Door de samenhang in activiteiten en grondstofgebruik kan de volledige ontwikkeling van alle Noord4Bio clusters een brede versterking van de gehele noordelijk economie geven.

### **Cluster 2, Cellulose, oude grondstof voor nieuwe chemie**

Dit cluster kan meeliften op de investering in biomassaontsluiting en scheiding. Daarbij bouwt het cluster voort op bestaande verwerking en productie van hennep, een zeer geschikte grondstof voor cellulose. Wanneer wordt geïnvesteerd in alkalische ontsluiting in de bioraffinageplant kan via deze technologie naast fermenteerbare suikers ook zuivere cellulose voor verschillende toepassingen worden geproduceerd. De synergie met Cluster 1 kan uiteindelijk leiden tot een haalbare business case en kan, hoewel initieel van minder groot belang, een interessante uitbreiding vormen voor het hoogwaardig toepassen van lokale biomassaströmen.

*Advies: Mobiliseer na implementatie van de bioraffinageplant van cluster 1 de markt voor zuivere cellulose in Nederland en Duitsland, want zowel in Nederland als in Duitsland zijn partijen die cellulose als grondstof in hun processen gebruiken en die van lokale gewassen gebruik zouden kunnen maken.*

### **Cluster 4, Amino-zuren als grondstof voor de productie van commodity chemicaliën**

Dit cluster sluit deels aan bij het eiwitschuurconcept. De eiwitten uit cluster 3 of uit andere bioraffinage-activiteiten kunnen worden gesplitst in amino-zuren die vervolgens worden gescheiden en (deels) als afzonderlijke amino-zuren worden geïsoleerd. Hiermee komen interessante grondstoffen voor een scala aan toepassingen beschikbaar. Het kunnen toepassen van amino-zuren uit eiwitten voor chemicaliën en andere producten ligt echter nog verder weg in de tijd, en er zal nog onderzoek en ontwikkeling moeten plaatsvinden, onder andere op het gebied van amino-zurenscheiding, om dit concept te kunnen uitrollen. De basiskennis van scheidingstechnologie is wel aanwezig onder andere in Noord-Nederland, maar dit tot grotere schaal brengen is een uitdaging.

*Advies: Investeer in R&D op dit gebied met de kennisinstellingen en lokale industrieën, en zorg zo voor ontwikkeling van technologieën die nodig zijn binnen dit cluster, dus van grondstof tot product.*

### **Cluster 7, Biocomposieten, proeftuin voor nieuwe materialen**

Het biocomposietencluster in Emmen biedt bij uitstek kansen voor innovatief MKB dat zich richt op specifieke PMC's (product-marktcombinaties). Voor het uitwerken van de business cases en het ontwikkelen van biocomposietproducten voor nieuwe markten is vaak nog een traject van onderzoek en ontwikkeling nodig.

*Advies: Steun de R&D rond biocomposieten, creëer faciliteiten (bijvoorbeeld subsidies en gericht business-advies) waarmee innovatief MKB investeringen en productie op gang kan brengen. Daarnaast ligt door de relatieve laagdrempeligheid van de productieprocessen het leggen van verbinding met studenten uit de (industriële) ontwerp-opleidingen of kunstacademie (Academie Minerva) voor de hand.*

**Cluster 8, Waarde uit complementaire stromen: materiaaltoepassingen**

Verschillende mogelijkheden om reststromen via fermentatietechnologie of chemische omzettingen te verwaarden tot materiaaltoepassingen zijn in dit cluster verzameld. De reststromen betreffen zowel houtachtige (lignocellulose, lignine, vezels) als ook gemengde of veel water bevattende (waterzuiveringsslib, mest). Meerdere noordelijke partijen zijn actief met innovatieve ontwikkelingen gebaseerd op nieuwe of bestaande reststromen.

*Advies: Ondersteun innovatieve ondernemers binnen deze ontwikkelingen, door beschikbaar stellen van innovatiesubsidies en hulp bij vestiging.*

**Cluster 9, Waarde uit complementaire stromen, calorische toepassingen en hoge-temperatuurprocessen**

De verwaarding van de uiteindelijke reststromen tot energie en indien mogelijk tot meer hoogwaardige producten is belangrijk om de business cases van de andere clusters rond te krijgen, en om ervoor te zorgen dat er geen opstapeling van afval ontstaat door de inzet van de nieuwe grondstoffen.

*Advies: Geef aandacht aan de kwaliteit van de restproducten bij de ontwikkeling van de business cases, in afstemming met degene die het gaat afnemen, met als mogelijkheid om tot langjarige afnamecontracten te komen.*

Wat de clusters kunnen opleveren in termen van *werkgelegenheid*, *omzet*, en *CO<sub>2</sub>-reductie* hangt af van de investeringsbedragen. Voor de belangrijkste clusters levert iedere miljoen Euro ongeveer 0,2–1 fte, afhankelijk van de schaal van de activiteiten. Daar komt nog ca. 0,7–2 fte bij voor de grondstofvoorziening vanuit de agrarische ruimte. Verder levert iedere geïnvesteerde miljoen Euro ongeveer € 0,5–2 miljoen extra omzet op, zonder exploitatiesubsidies. De CO<sub>2</sub>-emissiereductie die per miljoen Euro investering bereikt kan worden bedraagt ca. 0,5–10 kton. Ter vergelijking: windmolens van 5 MW kosten ca. €5 miljoen en voorkomen een emissie van zo'n 1 kton CO<sub>2</sub> per miljoen geïnvesteerde Euro.



---

### **Ontzuilen en samen de unieke kansen oppakken**

Juist omdat Noord-Nederland een in potentie unieke grootschalige positie heeft op het gebied van de productie van hernieuwbare grondstoffen en vanwege extra uitbreidingsmogelijkheden om de biomassa grondstoffenvoorziening van "eigen bodem" te versterken door de aansluiting met Weser- Ems, ligt er de mogelijkheid voor Noord-Nederland zich te onderscheiden. Noord-Nederland heeft goede zeehavens, twee chemieclusters van verschillend karakter, sterk ontwikkelde akkerbouw en veehouderij en goede toegang tot kennis. Het is belangrijk om voldoende bedrijven in Noord-Nederland (en daarbuiten) te mobiliseren die zich als eigenaar van de kansen willen zien. Doel is daarbij om gezamenlijk met andere bedrijven en ondersteund door bijvoorbeeld Greenlincs, GreenPAC en Eemdelta Green de plannen te prioriteren en deze met vereende krachten te gaan oppakken.

Het zijn bedrijven die investeren en nieuwe business genereren, maar dit gaat niet vanzelf. Nieuwe consortia zullen niet als vanzelf ontstaan. Dit zal moeten worden aangejaagd en gefaciliteerd en hier zijn middelen voor nodig. Daarnaast zijn er middelen nodig om investeringen (mede) te dragen. Inhoudelijke sturing op het proces komt idealiter vanuit het bedrijfsleven gefaciliteerd door een partij als Greenlincs, GreenPAC of Eemdelta Green.

Daarnaast dient het proces om de ideeën te verspreiden met presentaties te worden doorgezet. Eén van de belangrijke activiteiten hierin is ook een voorziene brede presentatie van het rapport in een bijeenkomst met belangrijke stakeholders in juni 2015. Bij het organiseren van deze zaken speelt de begeleidingscommissie van het project een centrale rol.

Veel van de ontwikkelingen vinden over verschillende sectoren plaats. Dat betekent dat bedrijven uit de verschillende sectoren zich moeten gaan verbinden, maar dat geldt evenzeer voor de politiek. De gedeputeerden worden daarom ook op politiek/bestuurlijk niveau de verbinding te maken tussen landbouw en economie.

Realisatie van de 'groene smaragd van het Noorden' gaat slechts lukken indien verschillende partijen voorbij hun eigen grenzen willen kijken, en samenwerking tussen verschillende sectoren wordt opgepakt. Kan en wil Noord-Nederland zijn belangrijkste stakeholders uitdagen zich als eigenaar op te werpen van deze ontwikkeling naar een glorende toekomst?



## 2 Aanleiding, vertrekpunt en werkwijze

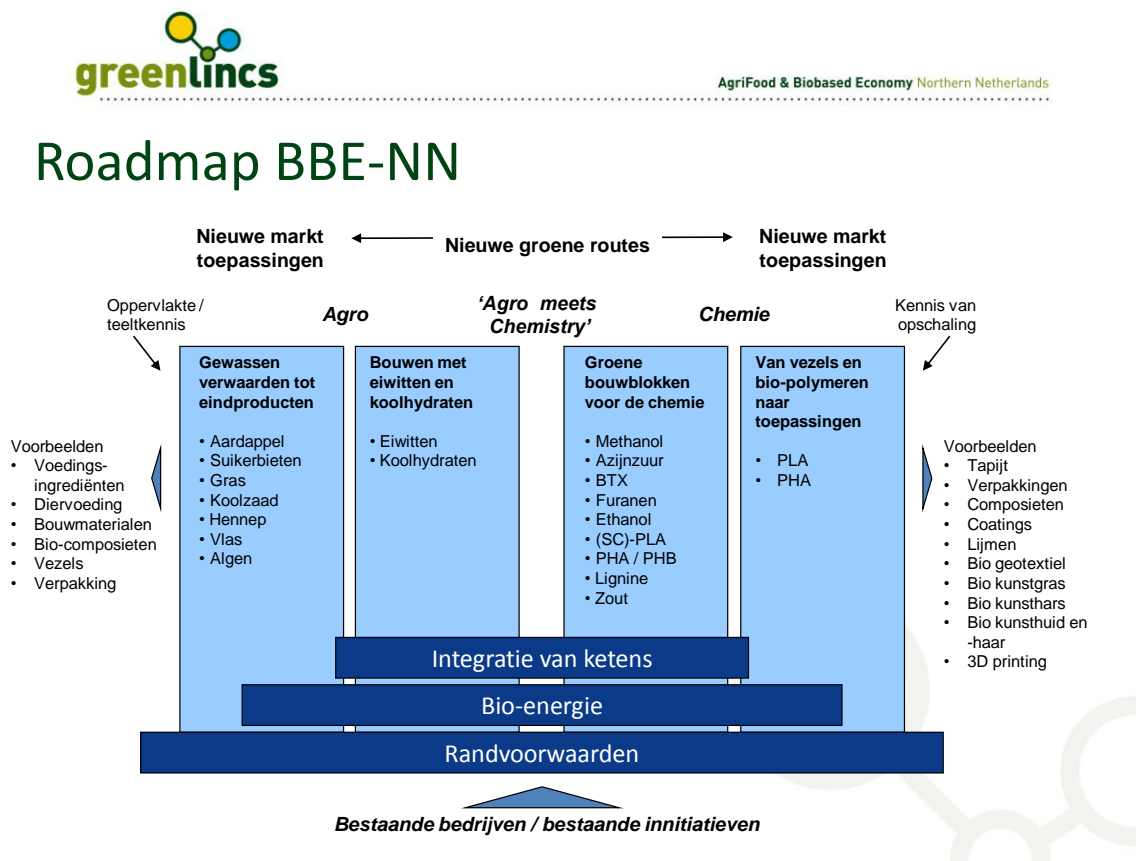
### 2.1 Aanleiding

Er zijn veel rapporten geschreven over de toekomst ontwikkelingen van Noord-Nederland. Begin 2014 heeft een werkgroep onder leiding van Rein Willems op verzoek van Minister Henk Kamp en gedeputeerde van Groningen Mw. Yvonne van Mastrikt een nieuw voorstel gedaan hoe in het gebied Eemsdelta tot verdere economische ontwikkelingen te komen.

Als onderdeel van deze nieuwe visie beoogt dit rapport met concrete voorstellen te komen hoe de sterktes in het gebied (Groningen, Friesland, Drenthe, en Duits deel van EDR) tot economische ontwikkelingen te laten komen, met name hoe de chemie op basis van de landbouw kan worden ontwikkeld.

### 2.2 Vertrekpunt

De studie bouwt voort op een aantal eerdere studies die zijn gedaan om de kansen in het gebied in kaart te brengen. Een lijst met meer dan 100 titels van de geraadpleegde rapporten is in bijlage 3 opgenomen. Belangrijk om te noemen is de roadmap opgesteld in opdracht van de NOM<sup>2</sup>. De kernboodschap van deze roadmap is op hoofdlijnen weergegeven in figuur 3.



**Figuur 3.** Roadmap Biobased Economy in Noord-Nederland.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> De biobased economy in Noord-Nederland, agro meets chemistry (2011)

In de figuur is aangegeven dat er verschil is tussen nieuwe groene routes (productie van grondstoffen en intermediaire producten uit een hernieuwbare bron) en toepassingen van (nieuwe) biobased eindproducten als vervanging van niet biobased producten. Bij de eerste route gaat het om het ontwikkelen van nieuwe processen en soms om het opzetten van nieuwe ketens; bij de tweede gaat het om verwerkbaarheid, materiaal eigenschappen etc. in relatie tot een product / toepassing. Noord4Bio bouwt hierop voort. Hierbij wordt zowel aandacht besteedt aan de integratie van processen over meerdere partners in de keten als ook de ontwikkeling van nieuwe markten.

De studie van de commissie o.l.v. Rein Willems (2014)<sup>3</sup> heeft als belangrijke conclusie dat zonder verdere acties het chemiecluster Eemdelta zal worden geconfronteerd met stagnatie en op termijn krimp, als gevolg van een concurrentienadeel t.o.v. andere landen waar elektriciteit goedkoper is of waar een gunstiger energiepolicies bedreven wordt. De studie bevat acht concrete acties die voor het behoud, versterking en vernieuwing van het chemiecluster moeten zorgen. De belangrijkste daarvan zijn: Oprichten Chemports Eemdelta die gezamenlijke strategie uitvoert; Branding en acquisitie; Investeren in kennis en ondernemerschap; Investeren in mensen; Verbreden en vergroenen door nieuwe investeringen mogelijk te maken.

In andere voorgaande rapporten zijn kwalitatieve hoofdlijnen geschetst voor de ontwikkeling van een biobased economy in Noord-Nederland en Weser-Ems. Belangrijke rapportages zijn bijvoorbeeld: De biobased Economy in Noord-Nederland (2011)<sup>4</sup> Strategie No(o)rd, Interreg V (2014)<sup>5</sup>; Met kennis beter SER Noord-Nederland (2012)<sup>6</sup>; Agrifood en biobased Economy Noord-Nederland (2012)<sup>7</sup>

In deze Noord4Bio studie wordt een meer kwantitatieve invulling gegeven aan de kansen die er liggen voor het noordelijk gebied. Op basis van een aantal criteria zoals werkgelegenheid, economische waarde per hectare, technologische state-of-the-art, wordt een lange-termijnvisie neergezet welke richting geeft aan korte-termijnacties voor grote bedrijven maar zeker ook voor het MKB.

In zowel Noord-Nederland als in Weser-Ems wordt door een groot aantal industriële partijen gewerkt aan nieuwe innovatieve technologieën en toepassingen. Veel van deze partijen worden genoemd in dit rapport als mogelijke actoren om de verschillende clusters te helpen vormgeven. Ook partijen met relevante kennis of technologie die niet zijn genoemd zijn vanzelfsprekend van harte uitgenodigd om te reageren op deze studie en zich op te werpen om een bijdrage te leveren aan het concreet vormgeven van een cluster.

Ook op bestuurlijk niveau worden steeds meer verbindingen gelegd tussen de verschillende regio's in het gebied.

---

<sup>3</sup> *Chemiecluster op stoom - Actieplan chemiecluster Eemdelta (Cie Willems), (2014)*

<sup>4</sup> *De biobased economy in Noord-Nederland, agro meets chemistry (2011)*

<sup>5</sup> *Strategie No(o)rd, InterregV Duitsland- Nederland 2014-2020 (concept dec 2013)*

<sup>6</sup> *Met kennis beter - Advies Smart Specialisation Strategy Noord-Nederland. SER - Noord-Nederland (2012)*

<sup>7</sup> *NOM, Strategieplan 2012-2016 Agrifood en Biobased Economy Noord-Nederland (2012)*

De Noord4Bio studie is begeleid door een klankbordgroep bestaande uit:

Monique Smit (Ministerie van EZ, opdrachtgever), Pieter-Jan Bouwmeister (Provincie Groningen), Roel Haverkate (Provincie Drenthe), Wim Haalboom (Provincie Friesland), Eisse Luitjens (NOM), Henri Kats (Groningen Seaports), Harry Weijer (Ministerie van EZ); Jan Jager (StendenPRE); Marco Waas (AkzoNobel) en Gerlof Hotsma (Eemsdelta Green).

### **2.3 Werkwijze**

De volgende werkwijze is gevolgd:

#### *Definiëren van sterktes/zwaktes in samenspraak met de klankbordgroep*

Sterktes en zwaktes van het gehele gebied zijn in een uitgebreide bespreking met de klankbordgroep opgesteld.

#### *Verzamelen en ordenen van ideeën/cases door projectteam en experts*

Het projectteam heeft op basis van eigen kennis en in overleg met verschillende experts een lijst opgesteld van mogelijke ideeën/cases die in het Noord4Bio-gebied goed ontwikkeld zouden kunnen worden.

#### *Definiëren van uitgangspunten voor cases/clusters in samenspraak met de klankbordgroep*

De uitgangspunten van de cases/clusters zijn gedefinieerd door de projectgroep en besproken met en aangevuld door de klankbordgroep. Uitgangspunt hierbij is geweest dat de cases/clusters niet te klein moeten zijn, potentieel een goede economische basis moeten hebben en ook uitstraling moeten hebben in het gebied. Dit heeft er in het werk toe geleid dat cases (die oorspronkelijk als aparte ideeën waren gedefinieerd) zijn samengevoegd tot samenhangende clusters die op basis van grondstof, product, technologie of locatie gelijkenis vertonen.

#### *Invullen van een confrontatiematrix door projectteam*

De ideeën/cases zijn door het projectteam geconfronteerd met de sterktes van het gebied. Elk idee is gezamenlijk gescoord (0-3) op de aansluiting bij de sterktes. (Zie bijlage 2, de confrontatiematrix).

#### *Case-selectie en clustering door projectteam*

De cases zijn geclusterd op hun samenhang, hieruit kwamen negen clusters naar voren die zijn voorgelegd aan de klankbordgroep.

#### *Uitwerken van cases door projectteam met bijdragen van StendenPRE, TNO en ECN*

De clusters zijn uitgewerkt door het projectteam aan de hand van een format dat gezamenlijk met de klankbordgroep is uitgewerkt (zie bijlage 3). Hierbij is ook input gevraagd en verkregen van Stenden, TNO en ECN.

#### *Voorleggen (tussentijdse) resultaten aan stakeholders (1 oktober en 20 oktober 2014)*

Een concept van de uitwerking van de clusters is in twee sessies voorgelegd aan stakeholders. Op 1 oktober 2014 is een meeting georganiseerd in Groningen, waarbij een twintigtal partijen op uitnodiging aanwezig was. Hier is in een workshop-setting aanvulling geleverd op de clusters. Op

20 oktober 2014 is tijdens het biobased economy netwerk event in Assen nogmaals aan een groot aantal aanwezigen de clusters voorgelegd, met het verzoek input te leveren.

*Extra interviews (zie lijst in bijlage)*

Met een aantal relevante stakeholders is een apart interview gehouden, teneinde nog meer relevante informatie te verzamelen, om de clusters goed uit te werken.

*Afronden rapportage*

Het resultaat van het project is neergelegd in deze rapportage en in een begeleidende presentatie.

### 3 Resultaten en conclusies

#### 3.1 Sterktes en zwaktes van het Noord4Bio-gebied

In samenspraak met de begeleidingscommissie zijn de relevante sterktes en zwaktes van het gebied als volgt gedefinieerd:

**Tabel 1:** Sterktes en zwaktes Noord4Bio-gebied

Gedefinieerde sterktes	Gedefinieerde zwaktes
Zeehavens (+ achterland)	Filiaaleconomie (hoofdkantoren meestal in andere landen)
chemiecluster Delfzijl / aanwezigheid chloor	Langjarige braindrain
Chemiecluster Emmen : focus op materialen/hoogwaardig	Mismatch arbeidsaanbod, ondernemerschap kan verder worden ontwikkeld
Aansluiting met Weser-Ems, sterk landbouwgericht gebied	Chemie Delfzijl eenzijdig, ver van consumentenbeleving en energie-intensief, bulk met lage marges, uitbreiding productenpakket stagneert, ontbreken ethyleen of andere basisbouwstenen beperkt mogelijkheid diversificatie
Akkerbouw / weiland / veehouderij / visserij	IJle economie / niet altijd voldoende kritische massa
Landbouw verwerkende industrie, SU, AVEBE, zuivel (FC, DOC, Fonterra), Ten Kate, papier/karton, Agrifirm, ForFarmers	Traditioneel weinig aansluiting anorganische chemie met biomassa bedrijven en biomassa voor materialen en food
Bestaande sites: Foxhol, Ter Apelkanaal/ Zuid Groningen, Hoogkerk, Eemshaven, grasdrogerij(en), Nije Haske, Gasselternijveen, Wijster	Infrastructuur/logistiek
Apparatenbouw	Vergrijzing/krimp
Kennis (RUG, VHL, Stenden/NHL (Coci Greenpac), rest van NL: UT, WUR)	
Beleidsfocus op energie	
Sensoren, PF	
Watertechnologie	
(Creatieve industrie / productontwikkeling)	
(Healthy ageing)	

#### 3.2 Ideeën, cases en clusters

Door het projectteam is een lijst met ideeën en mogelijke cases opgesteld. Hierbij is ook gebruik gemaakt van de input van overige experts, zowel binnen als buiten Wageningen UR, Greenlinks/NOM en de RUG.

De volledige lijst met cases/ideeën is door het projectteam gescoord tegen de belangrijkste en meest onderscheidende sterktes van het gebied in de confrontatiematrix (zie bijlage 2), dat wil zeggen dat voor elk idee, (zoals in bijlage 2 in de eerste kolom weergegeven), is gescoord of deze niet (0), enigszins (1), redelijk (2) of zeer goed (3) aansluit bij de sterktes (weergegeven in bovenste rij in bijlage 2). De scoring is door het projectteam gezamenlijk gedaan.

Vervolgens zijn alle ideeën geclusterd, waarbij verschillende cases/ideeën die onderling veel gelijkenis vertonen, op basis van grondstoffen, product, technologie of locatie, zijn samengebracht (zie bijlage 2 waarin de clustering is weergegeven). De cases/ideeën in de clusters zijn vervolgens in samenhang uitgewerkt. Aan de hand van de scores uit de confrontatiematrix en in overleg met de klankbordgroep zijn de volgende negen clusters gedefinieerd:

*Cluster 1. Koolhydraten uit bioraffinage voor de chemie*

Gericht op het opzetten van enerzijds een ontsluitingsfaciliteit voor de in het noorden aanwezige biomassa-reststromen voor de productie van onder andere fermenteerbare suikers, en anderzijds het investeren in een fermentatiefabriek (uit te bouwen tot een groter complex) waar uit fermenteerbare suikers bouwstenen voor bioplastics en andere toepassingen worden geproduceerd.

*Cluster 2. Cellulose, oude grondstof voor nieuwe chemie*

Aansluitend bij de ontsluiting van lignocellulose houdende grondstoffen: productie van zuivere cellulose voor verschillende bedrijven. Zuivere cellulose is een grondstof waaruit bijvoorbeeld verdikkingsmiddelen en polymere vezels en folies worden geproduceerd en waar zowel in Nederland als in Duitsland vraag naar is.

*Cluster 3. Eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoerders*

Gericht op het beschikbaar maken door verschillende bioraffinageconcepten van eiwitten voor veevoer, dit om extra waarde van de grond te halen, de import van veevoer als soja sterk te verminderen en het mestprobleem te helpen verkleinen.

*Cluster 4. Amino-zuren als grondstof voor de productie van commodity chemicaliën*

Gericht op de productie van amino-zuren voor voeding, veevoer en hoogwaardige chemicaliën. Dit sluit voor een deel aan op het eiwitschuurconcept. Dit cluster heeft nog een langere tijd nodig om zich te kunnen ontwikkelen.

*Cluster 5. Biobased chemie in Delfzijl*

Gericht op het vergroenen van het chemiepark in Delfzijl, uitgaande van de sterkte van het park, zoals de aanwezigheid van verschillende grondstoffen. De aansluiting met biomassa als grondstof biedt kansen om de productie van meer hoogwaardige chemicaliën in Delfzijl uit te breiden.

*Cluster 6. Van koolhydraten naar polyesters en andere bioplastics*

Aansluitend op cluster 1, 5 en op termijn 4 het richten van de activiteiten in Emmen op de productie en verdere vermarkting van groene polyesters en op termijn andere bioplastics. De aanwezige infrastructuur en kennis biedt de mogelijkheid om van Emmen een sterk centrum van biopolymeer- en materiaalontwikkeling te maken.

*Cluster 7. Biocomposieten, proeftuin voor nieuwe materialen*

Gericht op de ontwikkeling van biocomposieten, waarbij wordt gezocht naar nieuwe vormgevingsmogelijkheden door nieuwe productie processen en op termijn tevens aangesloten kan worden bij cluster 1 en 5 door de inzet (en ontwikkeling) van groene harssystemen

*Cluster 8. Waarde uit complementaire stromen; materiaaltoepassingen*

Dit cluster bevat een aantal opties om aanwezige complementaire stromen in zetten in verschillende materiaaltoepassingen, aansluitend bij een aantal activiteiten van spelers uit het gebied.

*Cluster 9. Waarde uit complementaire stromen; energie*

Dit cluster bevat een overzicht van mogelijkheden en onmogelijkheden om aanwezige complementaire stromen in te zetten voor calorische toepassingen.



### 3.3 Uitgangspunten van de clusters

In samenspraak met de klankbordgroep is een aantal uitgangspunten of criteria benoemd waaraan de clusters minimaal zouden moeten voldoen. Deze criteria zijn onderverdeeld in objectieve en subjectieve criteria en hebben de basis gevormd voor het vaste format waarmee de clusters zijn uitgewerkt (zie ook bijlage 4):

- Objectieve criteria  
Dit zijn criteria die betrekking hebben op zaken als werkgelegenheid, omzet, opbrengst per hectare, reductie van CO<sub>2</sub>, stand der techniek (Technology Readiness Level, TRL) etc.
- Subjectieve criteria  
Subjectieve criteria omvatten zaken als financierbaarheid (bijv. investeringen), risico's, aansluiting met de regio, logistieke aspecten, beschikbaarheid biomassa, promotionele waarde etc.

Daarbij zijn de criteria bepalend geweest voor de omvang van de uitwerking van de clusters en ook een zekere kwantificering van de clusters ten opzichte van elkaar.

### 3.4 Weging van de clusters

Op basis van de uitwerkingen van de clusters is door het projectteam een weging gedaan van het belang van de verschillende clusters ten opzichte van elkaar, om een uitspraak te kunnen doen welke clusters idealiter als eerste zouden moeten worden opgepakt (zie figuur 2 bladzijde 10). De clusters 1, 6, 5 en 3 komen hier als meest belangrijk naar voren en zouden als eerste moeten worden opgepakt.

### 3.5 Conclusies

Voor elk van de clusters is door het team een advies gedefinieerd welke acties zouden moeten worden ondernomen om het cluster vorm te geven. Deze adviezen staan uitgebreid beschreven in hoofdstuk 1. De mogelijke bijdrage van de vier belangrijkste clusters aan criteria zoals werkgelegenheid en reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot en een indicatie van het soort investeringsbedragen dat hiermee gemoeid is, is globaal aangegeven in onderstaande tabellen. Hoewel de getallen met een behoorlijke onzekerheid zijn omgeven geven de tabellen toch een indicatie ten aanzien van de mogelijke bijdrage van de vier belangrijkste clusters aan de ontwikkeling van het Noord4Bio gebied. De bijdrage van de overige vijf clusters aan de ontwikkeling van het gebied is terug te vinden in de aparte clusterbeschrijvingen.

**Tabel 2:** Geschatte omzet, werkgelegenheid en CO<sub>2</sub>-emissiereductie bij verschillende investeringsbedragen\*

## a. Cluster 1.

Investering M€	Omzet M€/j	Fte proces	Fte agro	CO <sub>2</sub> -reductie kton/jaar	TRL	Opmerkingen
50	25	25-35	40-50	60-100	4-9	
150	100	50-70	100-150	250-400	4-9	
500	300	150-210	300-400	750-1200	7	Incl. een 2e generatie
1000	600	250-400	600-800	1500-2400	4-9	

## b. Cluster 3.

Investering M€	Omzet M€/j	Fte proces	Fte agro	CO <sub>2</sub> -reductie kton/jaar	TRL	Opmerkingen
50	108	120-250	270-360	1500	7	Koolzaad op boerderij
50	25	40-80	150-200	500	7	Grassa
50	17	40	9-12	17	6	HarvestaGG
50	25	50	100-150	500	5	Mais
150	140	130	45-60	300	4	MIMOSA
50	70	100		500	4/5	Eendenkroos
500						Combi's van hierboven

## c. Cluster 5.

Investering M€	Omzet M€/j	Fte Proces	CO <sub>2</sub> -reductie kton/jaar	TRL	Opmerkingen
25	35	20	50	9	Epichloorhydrine
70	70	80	100	7	FDCA
100	110	65	250	8	Azijnzuur**
120	80	65	250	4/5	chloorazijnzuur**

## d. Cluster 6.

Investering M€	Omzet M€/j	Fte Proces	CO <sub>2</sub> -reductie kton/jaar	TRL	Opmerkingen
1	100	30	90	9	In gebruik nemen CPU
2	1.5	14		8	Pilotplant belangrijk voor marktontwikkeling
200	300	100-140	300	8	

\* Voor inschatting van aantal fte's bij industriële investeringen is globaal de vuistregel gevolgd 50 à 70 directe fte per 100 M€ geïnvesteerd.

\*\* Grove schatting, informatie is niet publiek.

Concluderend kan worden gesteld dat ontwikkeling van de voorgestelde clusters een significante bijdrage kan leveren aan de economische ontwikkeling en werkgelegenheid in Noord-Nederland.



## **Bijlage 1: Relevante gegevens**

### **A. Technology Readiness Levels (TRL)**

Waar een technologie verwijst naar een TRL, dan wordt een stadium van ontwikkeling bedoeld, volgens onderstaande definities:

TRL 1 – basisprincipe waargenomen

TRL 2 – concept voor de technologie geformuleerd

TRL 3 – experimenteel bewijs van concept geleverd

TRL 4 – technologie gevalideerd in het laboratorium

TRL 5 – technologie gevalideerd in een (industriële) relevante omgeving

TRL 6 – technologie gedemonstreerd in een (industriële) relevante omgeving

TRL 7 – system-prototypedemonstratie in operationele omgeving

TRL 8 – systeem complete en gekwalificeerd

TRL 9 – het feitelijke systeem heeft zich bewezen in een operationele omgeving

### **B. Kentallen van de landbouw**

Deze zijn verzameld uit verschillende bronnen en gebruikt als achtergrond voor de berekeningen in het rapport.

Opvallend hierin is dat van de 1556.000 ha landbouwgrond (909.000 ha in Weser-Ems en 646.000 ha in Noord-Nederland), er ruim 600.000 ha grasland is waarvan de helft in Weser-Ems, en dat er ruim 200 000 ha mais voor biogas in Duitsland wordt verbouwd. Daarnaast blijkt dat er 15 Miljoen ton aan droge stof wordt verbouwd waarvan 1/3 in Nederland en 2/3 in Duitsland. Van deze biomassa is 30% gras (50/50 verdeeld over NL en Dld), 30% groenvoer inclusief mais (grotendeels in Duitsland), ruim 10% van de droge stof is mais voor de biogasproductie de andere granen vormen ruim 10% van de hoeveelheid droge stof. Daarnaast valt op dat er veel landbouwresiduen in Duitsland beschikbaar zijn, met name stro vanuit de mais en de andere granen.

De werkgelegenheid in landbouw en visserij is in de drie noordelijke provincies ca. 6300 en in de industrie ruim 90.000, op een bevolking van 1.7 miljoen mensen. De economisch toegevoegde waarde van de drie provincies is ca. 43 miljard exclusief delfstoffen en 55 miljard inclusief delfstoffen.

## Verzamelde landbouwkengetallen van de regio gebruikt als achtergronddata

	gemiddelde van Noord Nederland				.....kilo hectares.....					drogestof per provincie					residu ds per provincie				
	ton/ha vers	ton/ha ds	ton ds residu/ha	Groninger	Friesland	Drenthe	WeserEm:	TOTAAL	nederlan	Groninger	Friesland	Drenthe	WeserEm:	TOTAAL	Groninger	Friesland	Drenthe	WeserEm:	TOTAAL
aantal akkerbouw bedrijven				2121,0	2452,0	2609,0			42288,0										
zetmeel aardappele	55,0	11,0	2,0	15,0	0,0	26,0	32,5	73,5	48,0	165,0	0,0	286,0	357,5	808,5	30,0	0,0	52,0	65,0	147,0
pootaardappelen				8,0	6,0	1,0		15,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
consumptie/frites a	50,0	10,0	2,0	2,0	1,0	2,0	8,0	13,0	72,0	20,0	10,0	20,0	80,0	130,0	4,0	2,0	4,0	16,0	26,0
biet	80,0	20,0	5,0	11,0	3,0	11,0	2,7	27,7	82,0	220,0	60,0	220,0	54,0	554,0	55,0	15,0	55,0	13,5	138,5
silo mais voor biogas		8,0	10,0				211,6	211,6		0,0	0,0	0,0	1692,8	1692,8	0,0	0,0	0,0	2116,0	2116,0
tarwe		7,0	7,0				72,5	72,5		0,0	0,0	0,0	507,5	507,5	0,0	0,0	0,0	507,5	507,5
gras	40,0	8,0		65,0	190,0	66,0	299,0	620,0	1016,0	520,0	1520,0	528,0	2392,0	4960,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
hennep				0,6											0,0				
koolzaad		4,5	4,0	1,2			12,5	13,7		5,4	0,0	0,0	56,3	61,7	4,8	0,0	0,0	50,0	54,8
eendenkroos		40,0	0,0		0,0			0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
bermgras		3,0						0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
natuurgras		3,0						0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
energiebiet								0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
korrelmais							89,0	89,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
andere granen		7,0	7,0	42,0	10,0	21,0	193,7	266,7	223,0	294,0	70,0	147,0	1355,9	1866,9	294,0	70,0	147,0	1355,9	1866,9
groenvoer incl mais		15,0		10,0	19,0	19,0	253,1	301,1	227,0	150,0	285,0	285,0	3796,5	4516,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
totaal				154,8	229,0	146,0	1174,6	1703,8	1705,0	1374,4	1945,0	1486,0	10292,5	15097,9	387,8	87,0	258,0	4123,9	4856,7
akker				97,0	43,0	84,0	603,0	827,0	802,0										
totaal landbouw				190,0	264,0	193,0	909,6	1556,6	2304,0										
				werkgelegenheid per provincie in duizenden					werkgelegenheid in procenten										
				Nederland	Groninger	Friesland	Drenthe	WeserEm:	TOTAAL	Nederland	Groninger	Friesland	Drenthe	WeserEm:	TOTAAL				
landbouw en visselij				93,9	1,5	2,7	2,1			1,2	0,6	1,0	1,1						
industrie				821,9	29,8	34,8	25,6			10,5	12,3	12,7	13,2						
handel				1299,4	32,2	43,3	30,1			16,6	13,3	15,8	15,5						
transport en opslag				375,7	8,5	10,7	6,2			4,8	3,5	3,9	3,2						
energie				0,0	0,0	0,0	0,0												
delfstoffen				0,0	0,0	0,0	0,0												
waterbedrijven en afvalbeheer				0,0	0,0	0,0	0,0												
1000 werkzame beroepsbevolkiing ING				7828,0	242,0	274,0	194,0												
1000 arbeidsjaren(CBS2012 regio econ				5910,0	180,0	193,0	142,0												
k€ BBP/inwoner (2011) (de regionale econom				35,9	50,4	29,1	27,4												
G€ TW 2011 incl delfstoffen				536,0	26,2	16,9	12,1												
G€ TW 2011 excl delfstoffen					15,1	15,9	11,5												
<a href="http://www.veenkolonien.nl/upload/25-Bouwstenen_CommissieLandbouwVeenkolonien.pdf">http://www.veenkolonien.nl/upload/25-Bouwstenen_CommissieLandbouwVeenkolonien.pdf</a> <a href="http://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/03-Thema_s/Economie/LNV_Regionale_Landbouwcijfers_NOORD.pdf">http://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/03-Thema_s/Economie/LNV_Regionale_Landbouwcijfers_NOORD.pdf</a> <a href="http://edepot.wur.nl/5915">http://edepot.wur.nl/5915</a> landbouwdata provincie Groningen via Abbink mail 3/7/14																			

Boekje landbouwdata Groningen provincie spreekt over 3% in de primaire sector:  
8549 en bovendien 2,3% indirect: 5891

## Bijlage 2: Confrontatiematrix

Voor uitleg zie paragraaf 3.2

	zeehavens (5)	chemie cluster Delfzijl	chemie cluster Emmen	chemie buiten regio	industrie DL	Akkerbouw	veehouderij	landbouw verwerkende industrie: AVEBE, FC, SU, Ten Kate, Papier/Karton	som	
<b>Noord4Bio, eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoerders</b>										
MIMOSA	3	1	2				1	3	2	12
aminozuren	0	2	2				3	2	2	11
mais eiwit als verbetering tov biogas uit mais	1	0	1				3	3	2	10
bietenloof	0	0					3	3	2	8
bestendig eiwit	0	1					2	3	2	8
gras raffinage voor veevoereiwit, vezels en sap	0	1	1				2	3	1	8
mestprobleem verkleinen	0	1					2	3	2	8
koolzaad olie op boerderij en eiwit en andere toepassingen dan diesel	0	0					3	3	2	8
wortelloof	0	0					1	2	2	5
grasraffinage voor veevoereiwit, groengas en bodemverrijker	0	0					3		1	4
eendekroos	0	1	1							2
<b>Noord4BioAminozuren als grondstof voor de productie van (bulk)chemicals</b>										
amines uit aminozuren, NEP en andere	1	2	2				2	1	2	10
bouwstenen uit eiwitten voor nylons (Emmen)	2	2	2				2		2	10
Ammoniak + dizuren uit aminozuren	1	1	2						2	6
<b>Noord4Bio, biomassa cluster Noord-Nederland</b>										
Bioraffinageplant incl logistiek Delfzijl?	3	2	2				3	1	2	13
FDCA proces in Eemshaven of Delfzijl	3	3	3						2	11
Fermentatiecluster in Delfzijl of Eemshaven	3	2	2				2		2	11
LA/PLA fabriek (uit suikers?)	2	0	3						3	8
<b>Noord4Bio, polyesters voor vezels en vormdelen uit Noord Nederlandse bron</b>										
bouwstenen uit suikers voor polyesters (Emmen)	2	2	3				3		2	12
Chemische recycling PET	2	1	3						0	6
Bioplastic vezels voor tapijt (aansluiting tapijtvally, Genemuiden)	1		3				2			6
bioplastic verpakkingen (Silvaphane)	1		3				2			6
geotextiel	0	0	2						2	4
<b>Noord4Bio, biocomposietencluster, EDR als proeftuin voor nieuwe materialen</b>										
bouwstenen uit suikers voor onverzadigde polyesters	1	2	3				3		2	11
(Agro)vezelcomposieten met biohars	1	2	3				2		3	11
Composietencluster met verschillende bioharsen en vezels	1	2	3						2	8
kunstharsen/ composieten	0	1	3						2	6
alternatieve binders voor board (MDI vervanging?)	1	3	0						1	5
ligninepolyolen als vervanging fenol in fenolformaldehydeharsen	2	2	0						1	5
(lijn)olie voor harsen (epoxies)	1						2			3
meubelplaat	1	0	0						2	3
<b>Noord4Bio, cellulose, oude grondstof voor nieuwe chemie</b>										
Hennep en vlas als cellulosebron	0				3		3		2	8
Cellulosecluster (natuur, zijstroomen biet en aardappel etc.)	1				3				2	6
Combi's van natuurbeheer met materialen	0	0	0		2				2	4
microcellulose uit reststroom	0	0	0		3				2	5
Riet als cellulosebron (CMC's en andere cellulosederivaten)	0				3				1	4
<b>Noord4Bio, nieuwe chemie voor Delfzijl</b>										
ethanol/ ethyleen Delfzijl	2	3					1	1	2	9
epichloorhydrine	2	3	2						2	9
omzetting 2,5-FDCA (dizuur) naar dizuurchloride	2	3	1						2	8
bio vinyl acetaat	2	3	1						1	7
azijnzuur	2	3	0						2	7
monochloorazijnzuur	2	3	0						2	7
Chemische recycling PET in Delfzijl voor productie PTA en ethyleenglycol	2	1	3						0	6
grondstof voor PVC	2	2	1						0	5
Bio-waterstofgas + azijnzuur uit suikers door fermentatie	0	2	0						2	4
Cyanophycine uit reststromen combi met ethanol; Butandiamine	0	2							1	3
<b>Noord4Bio, waarde uit de complementaire stromen</b>										
vergassing/syngas	3	1	0						1	5
pyrolyse	2	3	0						0	5
torrefactie	1	0	0						0	1
<b>Noord4Bio, overige ideeën</b>										
Kleinere schaal chemische processen	1	2	3						3	9
zetmeelplastics (compounding en spuitgieten)	1	0	2						3	6
hydrocolloids uit wieren	3	0	0						2	5
Fumaarzuur door behandeling furfural met natriumchloraat	1	2	0						2	5
Lange dizuren voor plastics uit biodiesel	2	0	2						1	5
polyolen uit koolzaadolie voor PUR in zacht schuim	2	0	2						1	5
andere oliën	3	1	0						1	5
schuimaarde opwaarderen	1	2	0						1	4
Tomatenbakjes of andere reststromen Tuinbouw	0						2		2	4
Silica uit gras	0	1	0				1		2	4
Karton	1	0	2						2	3
grassap indampe/kristalliseren in intercampagne	0	0	0						3	3
nwe papierpulpfabriek efficient in biomassa en energie	3	0	0						0	3
Olien voor coatings en verf	1	0	1						1	3
hexaanzuur door microbiële omzetting van organische afvalstromen	0	1	0						2	3
PHA uit reststromen (staat pilot in Leeuwarden, rioolwater)	0	1	0						1	2
pectines uit reststromen (acrylaatvervangers)	0	0	0						2	2
Oliecluster	2								2	2
Grootschalige insectenteelt op agreststromen: nieuwe eiwitbron	0	0	0						2	2
grasvezels roosteren tbv norit absorptentia	0	0	0						1	1
glucosamine	0	0	0						1	1
Algen teelt en raffinage	0	0	0						1	1
bieten/aardappelpulp active storage	0	0							0	0
verpakkingsmaterialen	0									0

---

### **Bijlage 3 Geïnterviewde experts**

- Hilbrand Sinnema, Sellingen, voorzitter LTO Noord
- Peter Bruinenberg, Veendam, programma manager Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen AVEBE
- Robin Kuper, Schoonebeek, vz jongerenraad AVEBE
- Bram van Woerkom, Wieringerwaard, vz jongerenraad SuikerUnie
- Jaap Petraeus, Amersfoort, Directeur milieuzaken, Friesland Campina
- Cor Kamminga, Groningen, Directeur KNN
- Marie-Luise Rottmann-Meyer, Reent Martens, Werlte (Dld) 3-N
- Aaldrik Venhuizen, Apeldoorn, manager akkerbouw, Agrifirm
- Kees de Koning, Leeuwarden, manager Dairy Campus
- Rein Bos, voormalig AKZO Emmen
- Hans Derksen, ABC Kroos BV
- Daan van Rooijen, lector Biocomposieten, Stenden
- Jan Jager, lector Stenden
- Edwin Keijsers, expert vezelgevulde materialen, Wageningen UR-FBR
- Martien van den Oever, expert biocomposieten, Wageningen UR-FBR
- Christiaan Bolck, Programmamanager Materialen Wageningen UR-FBR
- Jacco van Haveren, Programmamanager Chemie, Wageningen UR-FBR

## Bijlage 4: Overzicht met relevante BBE rapporten

Bijeengebracht door Pieter-Jan Bouwmeister, provincie Groningen

### A. Basisdocumenten Beleid en BBE Noord-Nederland

1. A Chemiecluster op stoom-Actieplan chemiecluster Eemsdelta (Cie Willems), maart 2014, 24 p  
B Brief aan Provinciale Staten over Cie. Willems, maart 2014.
2. Reactie op rapport Cie. Willems - Brief aan de TK van min Kamp van EZ, maart 2014.
3. A. RIS3 visie Noord-Nederland (Research and Innovation Strategy for Smart Specialization), CONCEPT-versie 3 sept 2013, 40 pag. Zie ook nrs. 68 en 69. En:  
<http://www.snn.eu/upload/documenten/europa/ris3/1.-ris3-noord-nederland-concept.pdf>  
B. Factsheets Research and Innovation Strategy for Smart Specialization (RIS3) Noord-Nederland, 2013, 42 pag. zie [www.snn.eu/upload/documenten/europa/ris3/2.-ris3-noord-nederland-factsheets-def.pdf](http://www.snn.eu/upload/documenten/europa/ris3/2.-ris3-noord-nederland-factsheets-def.pdf).
4. Uitwerking RIS thema Bio-Economie o.b.v. de Powersessies en AgroAgenda NNL, conceptversie 13 mei 2014, 26 pag. Zie ook nrs. 68 en 69. Doc digitaal gestuurd. Zie voor nog veel meer achtergrondinfo: [www.snn.eu/ris3/](http://www.snn.eu/ris3/)
5. Noordervisie 2040, 2013. Zie <http://www.noordervisie2040.nl/>
6. Economisch Actieprogramma Groningen (EAG) 2012-2015 - Naar een bloeiende regionale kenniseconomie. Provincie Groningen, 2012. Samenvatting 30 pag.
7. Programma Energie 2012-2015. Projectplan BBE & Groen Gas. Provincie Groningen, 17 juli 2012, 34 pag. Samenvatting gestuurd.
8. De biobased economy in Noord-Nederland - Chemie ontmoet agro (een Roadmap BBE). NOM iov. de 3 provincies, 2011, 88 pag.
9. Strategieplan 2012-2016 Agrifood en Biobased Economy Noord-Nederland. NOM, 5 juni 2012, 47 pag.
10. Projectplan 2013-2017 voor de Clusterorganisatie AgriFood & netwerk BBE. NOM, 18dec 2012, 29 pag. en Nadere Uitwerking van Projectplan, 10 juli 2013. NOM, 22 pag.
11. AgroAgenda Noord-Nederland, juli 2013
12. Innovatieprogramma Landbouw Veenkoloniën 2012-2020 zie <http://www.veenkolonien.nl/actualiteiten/158-innovatieprogramma-landbouw-veenkolonin.html>
13. De BBE in Noord-Nederland - SER Noord-Nederland, mei 2010, 36 pag.
14. A. ZAP Groningen - Zernicke Advanced Processing, Vogelvlucht, 10april2014, 44 pag.  
B. presentatie ZAP 22 april 2014  
C. Brief met vervolgstappen n.a.v. presentatie 22 april 2014
15. A. Vertrouwen in een duurzame toekomst - een stevig perspectief voor Noordoost Groningen. Cie. Duurzame Toekomst N-O Gron. (= Cie. Meijer). Feb. 2014, 68 pag.zie:  
[http://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user\\_upload/Documenten/Downloads/Eindadvies\\_Commissie\\_Duurzame\\_Toekomst\\_Noord-Oost\\_Groningen.pdf](http://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Downloads/Eindadvies_Commissie_Duurzame_Toekomst_Noord-Oost_Groningen.pdf)  
B. Reactie SER-NNL op rapport Cie. Duurzame Toekomst Noord-Oost Groningen (cie. Meijer), SER-NNL, 20dec2013, 3 pag. Zie <http://www.sernoordnederland.nl/uploads/bestanden/05345aab-ba43-4fdb-8c55-3beb43daa597>.
16. Biobased Economy Noordoost Nederland. Roland Berger Strat. Consultants iov. RUG en UT, 2013, 78 pag.met sheets presentatie.



17. Effectevaluatie NIOF 2008 en 2010 → Niet opgevraagd door Johan Sanders (NO)
18. Costa Due - Denken, durven, dromen, doen! - systeemschets Eemsdelta 2030. Prov. Groningen, 2007, 86 pag. → NO
19. A. Kansen voor regionale initiatieven in Noord-Nederland, KNNadvies iov. Platform Groene Grondstoffen, aug. 2007, 68 pag. → Zie <http://edepot.wur.nl/177053>  
B. Experimenteerzone Biomassa Prov. Groningen. KNNadvies, feb2008, 23 pag. Zie ook [http://www.pro-facto.nl/site/images/stories/PDF/provgr\\_erb\\_rapp\\_eindrapport.pdf](http://www.pro-facto.nl/site/images/stories/PDF/provgr_erb_rapp_eindrapport.pdf)
20. A. De aard en omvang van de Bio-based Economy in de Noordoostelijke regio - BioBrug (Euverink c.s.) in opdracht van de KvK Noord-Nederland, juni 2013, 29 pag. → rapport digitaal doorgestuurd.  
B. Presentatie Aard en omvang BBE in Noordoostelijke regio, juni 2013, 10 sheets.
21. Consultatie MKB Noord-Nederland - Presentatie sfeerbeelden voor de Stuurgroep op 14 aug. 2013. Bas Doets, E&E advies, 28 sheets. (niet opgevraagd door Johan.).
22. Ontwikkelingsvisie Eemsdelta 2030. Eemsdelta minEZ. 147 pag., september 2013, [http://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user\\_upload/Documenten/Downloads/Ontwikkelingsvisie\\_Eemsdelta\\_2030.pdf](http://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Downloads/Ontwikkelingsvisie_Eemsdelta_2030.pdf)
23. Havenvisie 2030 - Economische groei = groen. Groningen Seaports, okt.2012, 67 pag. <http://www.groningen-seaports.com/LinkClick.aspx?fileticket=Zpdjzc0YP3E%3d&tabid=2223&language=nl-NL>
24. Groningse ketens worden Groene kringlopen - de ondernemende gemeente in de BBE. Gemeente Groningen, juni 2013, 32 pag.
25. Programmaplan Biobased Economy gemeente Emmen 2012-2016. Emmen, R. Folkersma, nov. 2013, 35 pag. [http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CCqQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.biobaseddrenthe.nl%2Fuploads%2Ffckconnector%2F01f9b9df-d0b3-463d-a4a7-0b7b698f51d5&ei=5DWkU-fGK-mq0QWt2oD4CQ&usq=AFQjCNGmBXTxkp\\_JYMPSkrudT\\_Ce27cEXg&sig2=66jhU471Z27nZ6YGmSDV7g](http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CCqQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.biobaseddrenthe.nl%2Fuploads%2Ffckconnector%2F01f9b9df-d0b3-463d-a4a7-0b7b698f51d5&ei=5DWkU-fGK-mq0QWt2oD4CQ&usq=AFQjCNGmBXTxkp_JYMPSkrudT_Ce27cEXg&sig2=66jhU471Z27nZ6YGmSDV7g)
26. A. Drenthe koerst naar een BBE - BBE strategie Provincie Drenthe 2013-2020. Drenthe, aug.2013, 46 pag. [http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.provincie.drenthe.nl%2Fpublish%2Fpages%2F69669%2F2013-08-20\\_actieplan\\_biobased\\_economy.pdf&ei=FDekU\\_7kI-mo0AWhoIDQDw&usq=AFQjCNH1dR1n0r-7GizoAy8Uou1Z0pg4pg&sig2=uqvI2MKu90-NIPmbUQecdA&bvm=bv.69411363,d.bGQ](http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.provincie.drenthe.nl%2Fpublish%2Fpages%2F69669%2F2013-08-20_actieplan_biobased_economy.pdf&ei=FDekU_7kI-mo0AWhoIDQDw&usq=AFQjCNH1dR1n0r-7GizoAy8Uou1Z0pg4pg&sig2=uqvI2MKu90-NIPmbUQecdA&bvm=bv.69411363,d.bGQ)  
B. Biomassahubs in de regio Emmen-Coevorden. WUR iov. Pr. Drenthe, dec2013, 59 pag. Zie <http://edepot.wur.nl/293558>
27. A. Invulling experimenteerzone stimulering BBE door vermindering regeldruk - regio Eemsdelta, Oldambt en Veenkoloniën. Lexnova advies en Pro Facto, Groningen in opdracht van de KvK NNL, aug. 2013, 52 pag. → zie ook nrs. 67 en 76!  
B. Presentatie experimenteerzone, e. rodenburg, 3juli2013.  
C. Regeltechnische barrières voor biobased innovatienetwerken. Rapport belemmeringen ten behoeve van Fase 1 project "Invulling experimenteerzone BBE" . E.J. Rodenhuis, Hogeschool VHL , iov. de KvK-NNL, 28juni2013, 19 pag.

- D. Opmerkingen van minBZK, EZ en I&M over rapport "Invulling experimenteerzone stimulering biobased economy door vermindering regeldruk" (Lexnova), zie nr. 27a.
28. Een verkenning van de juridische belemmeringen in de ontwikkeling van de BBE in Nederland. Pro Facto b.v. & KNN Advies (F.C. Haisma c.s.), 2011
29. Biobased innovatiesystemen en juridische belemmeringen - E. Rodenhuis (geen formele publicatie, 2012).
30. Experimenteerruimte biomassa provincie Groningen - Verkenning van de mogelijkheden. KNN Advies en Pro Facto b.v., 2008.
31. Economische kansen door kenniscirculatie MKB - Kennisinstellingen in Noord-Nederland - onderzoek iov. de KvK NNL. Bureau Berenschot, mei 2012 66 pag.  
B. presentatie Berenschot met sheets van dit rapport d.d. 27 juni 2012 in Drachten.

## **B. Documenten landelijk en internationaal**

32. Transitieagenda voor Nederland - Investeren in duurzame innovatie. Prof. Jan Rotmans, EUR, 2010, ringband 64 pag. → NO
33. WRR-rapport - Naar een lerende economie, Investeren in het verdienmodel van Nederland, 29 okt. 2013, 440 pag.  
B. KB-reactie op dit WRR - rapport.
34. A. Regio's in economisch perspectief 2013 - ING bank, dec 2012, 166 pag. [http://www.poa-achterhoek.nl/wp-content/uploads/2013/01/ING\\_Regios-in-economisch-perspectief-december-2012.pdf](http://www.poa-achterhoek.nl/wp-content/uploads/2013/01/ING_Regios-in-economisch-perspectief-december-2012.pdf)  
B. Regio's in economisch perspectief - regio NNL - ING bank, juni 2013, 16 pag. <http://www.imk.nl/uploads/wp-content/helpdesk-wp-content/uploads/2013/06/ING-Noord-Nederland-in-Economisch-Perspectief-juni-2013.pdf> → kengetallen
35. Meer chemie tussen groen en groei. De kansen en dilemma's van een BBE. SER, nr. 5-2010, 134 pag.  
[http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ser.nl%2F~%2Fmedia%2Fdb\\_adviezen%2F2010\\_2019%2F2010%2Fb29279.ashx&ei=NT2kU-rmL8S8ygO1uoKgDQ&usq=AFOjCNEI2D5qpFGsQahISgoWTPQtrAu4PA&sig2=QknpTbE6G0coFFUip\\_bkKw](http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ser.nl%2F~%2Fmedia%2Fdb_adviezen%2F2010_2019%2F2010%2Fb29279.ashx&ei=NT2kU-rmL8S8ygO1uoKgDQ&usq=AFOjCNEI2D5qpFGsQahISgoWTPQtrAu4PA&sig2=QknpTbE6G0coFFUip_bkKw)
36. Overheidsvisie op de BBE in de energietransitie - de keten sluiten. Min LNV, 2007, 36 pg. <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Overheidsvisie%20op%20de%20Bio-based%20Economy%20in%20de%20energietransitie.pdf>
37. Een punt op de horizon - Aanzet voor een intersectoraal businessplan BBE. Den Haag, Werkgroep Businessplan BBE 14 juni 2011, 35 pag. zie [http://www.tki-bbe.nl/uploads/tx\\_downloadlink/Punt\\_op\\_de\\_Horizon\\_BBE\\_2011.pdf](http://www.tki-bbe.nl/uploads/tx_downloadlink/Punt_op_de_Horizon_BBE_2011.pdf)
38. Naar de kern van de bio-economie - De duurzame beloftes van biomassa in perspectief. Rathenau Instituut, Den Haag, sept. 2011, 192 pag.  
[http://www.rathenau.nl/uploads/tx\\_tferathenau/Rapport\\_Biobased\\_Economy\\_Rathenau\\_Instituut.pdf](http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Rapport_Biobased_Economy_Rathenau_Instituut.pdf)
39. Groene chemie - Essay 2011. WTC- BBE, 2010, 10 pag. in ringband → NO
40. Naar groene chemie en groene materialen - Kennis en innovatieagenda voor de BBE. WTC (Wetenschappelijke en Technologische Commissie BBE), maart 2011, 140 pag.  
<http://ispt.eu/cusimages/Publications/Agenda%20voor%20de%20biobased%20economy.pdf>

41. Strategie voor een groene samenleving - biomaterialen, drijfveer voor de BBE. WTC, dec. 2013, 116 pag. zie <http://edepot.wur.nl/285739>
42. Koepelvisie Delta regio2030 , feb 2014
43. Strategische agenda Delta regio, feb 2014
44. A. Bio Innovation Growth mega Cluster 'BIG-C' in Flanders, Netherlands and North Rhine - Westphalia. An initiative by BE-Basic, CLIB and FISCH. Draft 2014, 18 pag.  
<http://www.kooperation-international.de/uploads/media/BIG-C.position.paper.pdf>  
B. Persbericht BIG-C, 23 mei 2014.
45. Topsector Agri&Food - Update Innovatiecontract 2013, finale versie 9 dec. 2013, 86 pag.  
<http://www.tki-agrifood.nl/downloads/innovatiecontract/update-innovatiecontract-agrifood-2013.pdf>
46. Maatschappelijke Dialoog Biobased Economy - diverse stukken en activiteiten van het Instituut Maatschappelijke Innovatie IMI uit Leiden in opdracht van de programma directie BBE van minEZ, 2010-2014.
47. Maatschappelijke beelden over een BBE. Instituut maatschappelijke Innovatie IMI iov. Programmadirectie BBE van LNV, 4 dec. 2009, 58 pag.
48. An overview of the pipeline networks of Europe, ECSPP (Eur. Chem. Site Promotion Platform), (Year 2006), 27 pag., nrs. 46, 47 en 48: NO
49. Biomassastromen op regionale schaal - is er nog hoop voor regionale installaties en wat betekent dat voor de provinciale rol? KNN advies iov. het IPO, 20 maart 2013, 46 pag. → rapport digitaal gestuurd.
50. Bioraffinage - Naar een optimale verwaarding van biomassa. WUR, okt. 2010, 37 pag. Zie <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/10Bioraffinage.pdf>
51. NL 2030 - Contouren van een nieuw Nederlands Verdienmodel. The Boston Consulting Group, okt. 2012, 52 Pag.
52. Goed gebruik van biomassa. CE-Delft, april 2010, 82 pag. Zie ook voor de Engelse samenvatting: [http://www.ce.nl/publicatie/goed\\_gebruik\\_van\\_biomassa/1037](http://www.ce.nl/publicatie/goed_gebruik_van_biomassa/1037)
53. Groene Groei, van biomassa naar business. Innovatiecontract BBE 2012 - 2016. Werkgroep businessplan BBE 2.0. Den Haag, dec 2011, 64 pag. Zie <http://edepot.wur.nl/196915>
54. Innovatieve bio-based projecten in beeld - 34 BBE projectposters ihkv. Het SBIR. Min LNV, ca. 2011. NO
55. BBE in Nederland - Macro-economische verkenning van grootschalige introductie van groene grondstoffen in de NL energievoorziening. Platform Groene Grondstoffen , 2009, 25 pag. (incl. CD-rom). Zie [http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2011/05/2009\\_Biobased\\_economy\\_Nederland\\_Macroeconomisc.pdf](http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2011/05/2009_Biobased_economy_Nederland_Macroeconomisc.pdf)
56. Biomaterialen, drijfveer voor de BBE - Strategie voor een groene samenleving. WTC-BBE, dec 2013, 118 pag. zie <http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2013/12/5803-Visie-op-WTC-binnenwerk-WEB.pdf>
57. Biobased plastics 2012. DPI-VC en het programma Biobased Performance Materials, WUR, 2012, 80 pag. Zie <http://www.biojournaal.nl/nieuws/2011/1116/Plastic.pdf>
58. Symposium GOING GREEN CHEMICALS 25th April 2014 in Groningen. Het programma, deelnemers en de presentaties (Suiker Unie, IBM, Wood Spirit, NFIA). → De 5 relevante presentaties aan Johan + hele begeleidingsgroep in 2 e-mails gestuurd op 21 mei 2014.

### C. Voorbeelden van projecten in NNL

59. Programma Innovatief en Duurzaam MKB - Een impressie van 10 bedrijven. Provincie Groningen, april 2014, brochure met 24 pag. → NO
60. Voorbeeld van een van de BBE - projecten in NNL: Factsheets van het project licht bouwen met bamboe. Debets b.v., dec. 2013, ca. 130 pag. Een IAG-3 project. → NO

### D. Aanvullingen

N.b. De rapporten met nrs. 65, 68 a+b, 69b, 73 en 34 hebben veel kengetallen

61. IEA rapport Biobased Chemicals totaal 2012
62. The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability*, May 2013, 20 pag.
63. Botsende-belangen-in-de-BBE-SIRA-consulting 23nov2011
64. Techniekagenda Noord-Nederland 2013-20
65. Internat. Concurrentiepositie topsectoren-in-de-provincie-Groningen. Planbureau Leefomgeving, feb2013, 50pag.
66. AWT - De-kracht-van-sociale-innovatie. jan2014
67. BBE - NNL. Projectverloop Experimenteerruimte. VdKolk advies, 14mei2014, 23pag.
68. A. RIS3 - NNL. Economische factsheets. 2013, 42 pag.  
B. RIS3 Werkgelegenheid, bedrijvigheid en clusters in NNL. Onderzoek RUG iov. RIS3 juli2012, 46 pag.
69. RIS3 - NNL. Eindrapport NIA (volgt begin juli 2014)  
A. Noordelijke Innovatie Agenda (NIA) 2014-2020, concept 19juni2014  
B. Bijlagenboek NIA 19juni2014
70. Groningen Seaports in een BBE. Eindversie 16dec2012 → 2008! Zie ook nr. 101
71. Study on investment climate in bio-based industries in the Netherlands. Nova mei 2014, 24 pag.
72. Quickscan investeringsklimaat voor biobased bedrijven. TNO, 8april2014, 34 pag.
73. Vraag en aanbod van biomassa in de Energy Valley Regio. TNO iov. Energy Valley, 1feb2010, 63pag.
74. Routekaart hernieuwbaar gas. Groen Gas Forum, juni 2014, 104 pag. <http://groengas.nl/wp-content/uploads/2014/06/Routekaart.pdf>
75. Inventarisatie BBE in de NL Chemie. Bedrijfsanalyses. CE Delft, Feb. 2013, 129 pag.  
<http://wtc.biobasedeconomy.nl/Pages/zoekresultaten.aspx?q=biobased%2BAND%2Beconomy&scope=biobasedeconomy>.
76. A. Wegnemen van belemmeringen in de biobased economy - Voortgangsrapportage naar het wegnemen van belemmeringen in de BBE. SIRA consulting, april2013, 40 pag.  
<http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2012/10/Sira-Rapport-wegnemen-van-belemmeringen-in-de-BBE.pdf>.  
B. Brief aan TK over wegnemen belemmeringen BBE, 18april2013, 5pag. Zie <http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2012/10/Brief-aan-TK-wegnemen-van-belemmeringen-in-wet-en-regelgeving-in-de-BBE.pdf>.
77. Bio Based Economy in Nederland - special uitgave Innovatie Attaché's MinEZ, mei 2013, 126 pag. Zie [http://www.rvo.nl/sites/default/files/Biobased\\_economy.nl\\_.pdf](http://www.rvo.nl/sites/default/files/Biobased_economy.nl_.pdf).

78. Aan de Slag - Innovatieondersteuning voor het MKB in Noord-Nederland. SER-NNL, maart 2014, 26 pag. Zie <http://www.sernoordnederland.nl/uploads/bestanden/11ee170e-f725-4f07-8281-10ebce1d4d10>.
79. Naar een Noordelijke kenniseconomie - onderzoek van 3 clusterinstellingen. Rapport Noordelijke Rekenkamer, 11 juni 2013, 140 pag. Ook een Persbericht (# 79c.) en het Onderzoeksvoorstel uit 2012 (# 79a) zie <http://www.noordelijkerekenkamer.nl/index.php/nl/onderzoek/archief#downloads-kenniseconomie>.
80. An Overview of the Pipeline Networks of Europe. Compiled by members of ECSPP, 2013, 30 pag. (zie digitale versie)
81. Masterplan Utilities Eemdelta regio. Groningen Seaports (Theo Smit), Publieksversie, 6 mei 2014, 30 pag. (zie digitale versie)

### **Aangevuld eind juli 2014:**

82. Met kennis beter - Advies Smart Specialisation Strategy Noord-Nederland. SER - Noord-Nederland met aanbiedingsbrief d.d. 19 juli 2012, 42 pag. (N.b. Bijlage 3 - het onderzoeksverslag vd RUG ontbreekt. In de literatuurlijst (bijlage 1) wordt verwezen naar diverse SWOT analyses.)
83. Brief SER-N aan DB-SNN reactie op concept NIA (Noord. Innov. Agenda), 2juli2014
84. A Brief SER-N: Advies aan DB-SNN over onderzoek MBO-afgestudeerden, 3juli2014  
B Tussentijds advies Arbeidsmarkt Noord-Nederland. SER-Noord okt.2012, 5p.
85. New Earth, New Chemistry - Actieagenda Topsector Chemie, juli2011, 97p.
86. A. De sleutelrol waarmaken - Routekaart Chemie 2012-2030. Rapport Berenschot iov. VNCI en MinEZ/ AgNL, sept. 2012, 156p.  
B. 10 bijlagen bij de Routekaart Chemie 2012-2030. Rapport Berenschot iov. VNCI en MinEZ/ AgNL, sept. 2012, 82p.
87. A. International market opportunities Biobased Economy. Partners for Innovation, A'dam iov. de RVO (minEZ), 1 juni2014, 79p. (presentatie). Veel achtergrondgegevens  
B. Bijlage: Opportunities Global biomass, bioenergy and bioplasticstrends, Partners for Innovation, maart2014, 73p.  
C. Bijlage: Sources used for International Biobased Markets project (Excelsheets), 2014.  
D. Bijlage - voorbeeld landendossier: Biomass market opport. Germany, april 2014, 12p.
88. Brochure Enterprise Europe Network (MKB), 2p.  
A. Link naar Innovatiespotter - link innovatieve bedrijven: <http://www.innovatiespotter.nl/>  
B. Artikel Route industrieel onderzoek naar markt ontrafeld - van Neth-er. Zie: <http://www.neth-er.eu/nl/nieuws/Route-industrieel-onderzoek-naar-markt-ontrafeld>  
Nieuwe Business Modellen - Een exploratief onderzoek naar veranderende transacties die meervoudige waarde creëren. Jan Jonker c.s. Radboud Un., 1 juni 2012, 58p.
89. Innovatienota van de Gemeente Groningen incl. brief, 21dec.2012, 22p.
90. A. Ambitieuus Ondernemerschap - Een agenda voor start-ups en groeiers. Brief aan de TK, 17 maart 2014, 21p.  
B. Ambitieuus Ondernemerschap in de praktijk - Voorbeelden, 8p.
91. Fryslân Innovatief - Inventarisatie Fries Innovatiepotentieel: rapport van bevindingen. SNN, NHL &NOM, concept 5dec2013, 34p.

92. E-mail met meerder bijlagen over Marketingcommunicatie rond o.m. BBE. Perry ten Hoor, bureau Open Communicatie, docs uit 2010.
93. Results Market evaluation biactives potato reststreams. Public version van Innotact, januari 2013, 24p.
94. Focus op verbinden - Grensoverschrijdend ondernemen in Noord-Nederland en Noord-Duitsland. Bureau BBO en de Un. Twente iov. De KvK-NNL, april 2013, 77p.
95. Artikel: De noodzaak voor een level playing field voor biobased chemicaliën - Niels J. Schenk & Onno de Vegt, KNN advies, 21 augustus 2013, 9p.
96. RUG - UTwente. Plan van Aanpak Houtachtige Biomassa Valorisatie, concept 10 aug 2013, 11 sheets.
97. [geen rapport met nummer 100]
98. Rapport Groningen Seaports 2008
99. Rapport inventarisatie Gelderland
100. Wageningen UR, Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie; gewassen, proces, beleid (2014), rapport voor EZ: [www.wageningenur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-343536323436](http://www.wageningenur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-343536323436).
101. Inaugurele rede Jan Jager en Rudy Folkersma...
102. Global Fermentation Industry - een verkenning door Deloitte iov. minEZ/RVO, Rabo, Suiker Unie en Corbion, publicatie 29 september 2014
103. Wissensvernetzung in Weser-Ems, Regionale strategie zur intelligenten Spezialisierung (2013)
104. Strategie No(o)rd, InterregV Duitsland- Nederland 2014-2020 (concept dec 2013)
105. Focus op verbinden, Grensoverschrijdend ondernemen in Noord-Nederland en Noord-Duitsland, Universiteit Twente (2013).

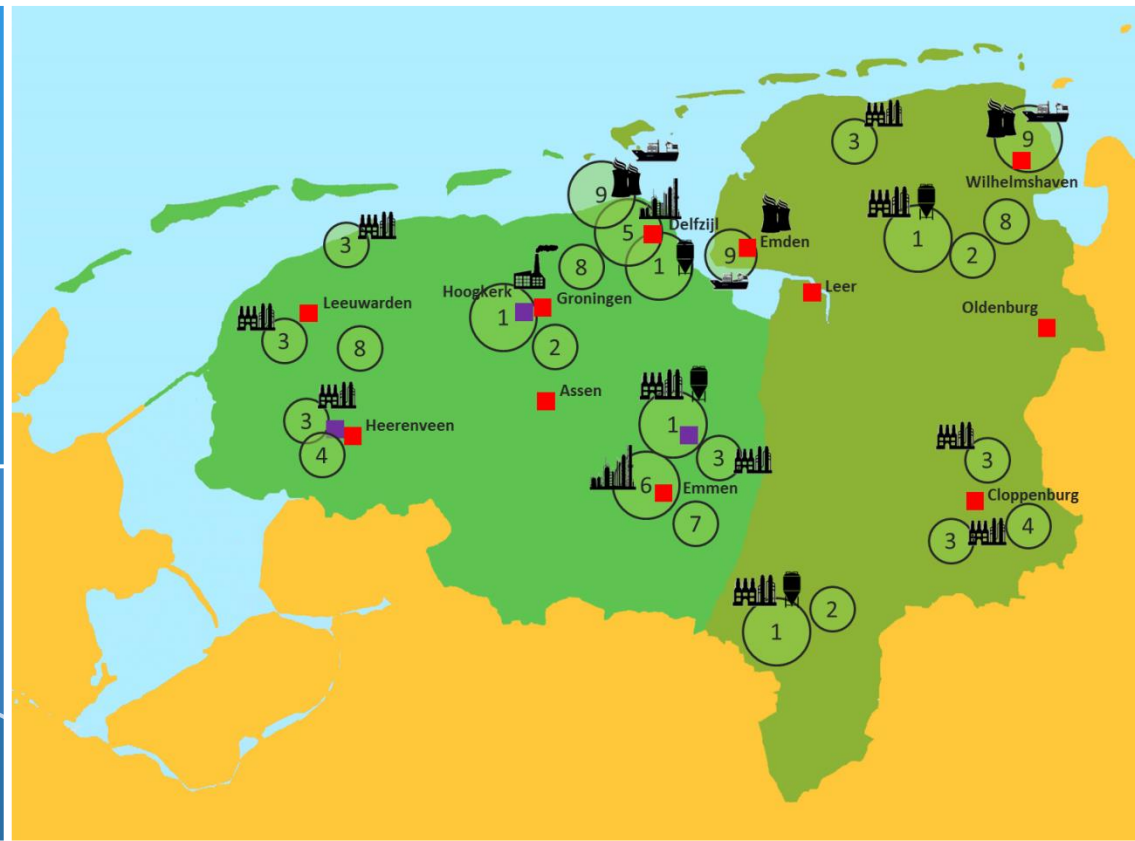






# Noord4Bio

## Clusterbeschrijvingen



Harriëtte Bos  
Rolf Blaauw  
Paulien Harmsen  
Johan Sanders  
Gert-Jan Euverink  
Errit Bekkering

**greenlincs**  
AgriFood & Biobased Economy  
Northern Netherlands

**biobrug**



FOOD & BIOBASED RESEARCH  
WAGENINGEN UR



---

## Inhoudsopgave

<b>Bijlage</b>	<b>Beschrijving van de clusters</b>	<b>43</b>
<b>Cluster 1</b>	<b>Koolhydraten uit bioraffinage voor de chemie</b>	<b>45</b>
<b>Cluster 2</b>	<b>Cellulose, oude grondstof voor nieuwe chemie</b>	<b>63</b>
<b>Cluster 3</b>	<b>Eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoerders</b>	<b>69</b>
<b>Cluster 4</b>	<b>Aminozuren als grondstof voor de productie van commodity chemicaliën</b>	<b>81</b>
<b>Cluster 5</b>	<b>Nieuwe chemie voor Delfzijl</b>	<b>95</b>
<b>Cluster 6</b>	<b>Van koolhydraten naar polyesters en andere bioplastics</b>	<b>113</b>
<b>Cluster 7</b>	<b>Biocomposieten, proeftuin voor nieuwe materialen</b>	<b>123</b>
<b>Cluster 8</b>	<b>Waarde uit complementaire stromen, materiaaltoepassingen</b>	<b>129</b>
<b>Cluster 9</b>	<b>Waarde uit complementaire stromen, calorische toepassingen en hoge temperatuur processen</b>	<b>135</b>



---

## Beschrijving van de clusters

In deze bijlage zijn de clusters uitgewerkt volgens een vast format:

- Korte omschrijving
  - Wat is de markt, hoe groot en waar?
  - Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?
  - Welke problemen worden nog meer opgelost?
  - Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?
  - Welke grondstoffen zijn nodig?
- Infrastructuur en technologie
  - Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?
  - Wat is de stand van de benodigde technologie?
- Omvang
  - Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?
  - Welk deel van de markt is te bedienen?
  - Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?
- Bedreigingen
  - Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?
  - Regelgeving?
  - Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?
  - Welke overige bedreigingen/risico's?
  - Is de case maatschappelijk acceptabel?
- Werkgelegenheid en duurzaamheid
  - Hoeveel werkgelegenheid levert de case potentieel?
  - Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale case maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?
  - Hoe worden de complementaire stromen verwaard?
- Investering
  - Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?
  - Waar kan deze het best neergezet worden?
- Bedrijven
  - Welke bestaande bedrijven passen in de case en hoe?
  - Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe en door wie?
- Met welke andere cases zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?
- Welke zwakte kan een struikelblok zijn?



## Cluster 1: Koolhydraten uit bioraffinage voor de chemie

### Inleiding

Koolhydraten zijn een belangrijke grondstof voor voeding en veevoer. Daarnaast spelen koolhydraten een belangrijke rol in de 'Biobased Economy' (nieuwe hoogwaardige non-food toepassingen), met name voor toepassingen in de chemische industrie. Veel van de nu uit fossiele grondstoffen geproduceerde chemicaliën en materialen kunnen ook uit koolhydraten worden geproduceerd. Er wordt op dit moment door zeer veel partijen gewerkt aan de verdere ontwikkeling van een palet aan chemicaliën en materialen uit koolhydraten.

'Koolhydraat' is een verzamelnaam voor een aantal verschillende suikergrondstoffen. Een belangrijke bron van suiker is suikerbiet waaruit tafelsuiker of kristalsuiker wordt gemaakt, maar ook zetmeelgewassen zoals granen en aardappels zijn een bron van koolhydraten. Daarnaast bevatten houtachtige gewassen en gewasdelen (lignocellulose) de koolhydraten cellulose en hemicellulose. Dit impliceert dat een scala aan gewassen belangrijk is voor de Biobased Economy. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de verschillende suikers en de verschillende bronnen.

**Tabel 1:** Overzicht koolhydraten en bronnen

Koolhydraat	Beschrijving
Sacharose (tafelsuiker, sucrose) Bron: suikerbiet, suikerriet	<u>Disacharide</u> bestaande uit glucose (C6) en fructose (C6)
Zetmeel Bron: graan, mais, aardappels	<u>Polymeer</u> van glucose (C6); makkelijk afbreekbaar
Cellulose Bron: hout, stro, bladeren, gras etc (lignocellulose)	<u>Polymeer</u> van glucose (C6); moeilijk afbreekbaar
Hemicellulose Bron: hout, stro, bladeren, gras etc (lignocellulose)	<u>Polymeer</u> van xylose (C5); makkelijk afbreekbaar
Glucose (druivensuiker)	<u>Monosacharide</u> (C6)
Fructose (vruchtensuiker)	<u>Monosacharide</u> (C6)
Invertsuiker en isoglucose	<u>Suikerstroop</u> uit sacharose of zetmeel

In een Biobased Economy is de vraag naar hernieuwbare grondstoffen groot. Het is dan ook van groot belang om zo efficiënt mogelijk met de grondstoffen om te gaan. Ter illustratie, als in 2030 de Nederlandse chemische industrie 25% van de petrochemische grondstoffen wil vervangen door koolhydraten voor de productie van basischemicaliën is 2-6 Mton suiker/jaar nodig. Voor deze hoeveelheid suiker is 3-9 Mton aan suiker- of zetmeelrijke grondstoffen nodig zoals bieten, aardappels, mais, granen. In Nederland wordt nu op agrarisch terrein ongeveer 20 Mton aan bieten, aardappels en granen geproduceerd, voor een groot deel voor de veevoedermarkt<sup>8</sup>.

Nu is de chemische industrie in Nederland relatief groot tov het landoppervlak (15% van de Europese productie), maar de getallen laten wel zien dat als de chemie wil vergroenen er veel biomassa nodig is en dat er zeer efficiënt met landbouwgrond en grondstoffen moet worden

<sup>8</sup> Harmsen PFH, Lips S, Bos HL, Smit B, Berkum Sv, Helming J, et al., Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie; gewassen, processen, beleid, Wageningen UR, FBR en LEI (2014), Available from: <http://edepot.wur.nl/312696>

omgegaan. Dit vraagt om een tailormade aanpak, waarbij per gewenst product of chemische bouwsteen moet worden bekeken welk gewas of reststroom het meest geschikt is om te dienen als grondstof. Wanneer bioraffinage, het verwaarden van alle waardevolle componenten uit een gewas, slim wordt ingezet hoeft het gebruik van suikers voor de chemie niet te concurreren met voedsel- en veevoerproductie.

Binnen het Europees landbouwbeleid wordt op dit moment de suikermarkt gereguleerd door productiequota voor suikerbiet. De hoeveelheid suiker die op de markt mag worden gebracht als voedingssuiker is gelimiteerd door deze quota, eventueel extra geproduceerd suiker mag alleen als industrieel suiker (tegen een significant lagere prijs) op de markt worden gebracht.

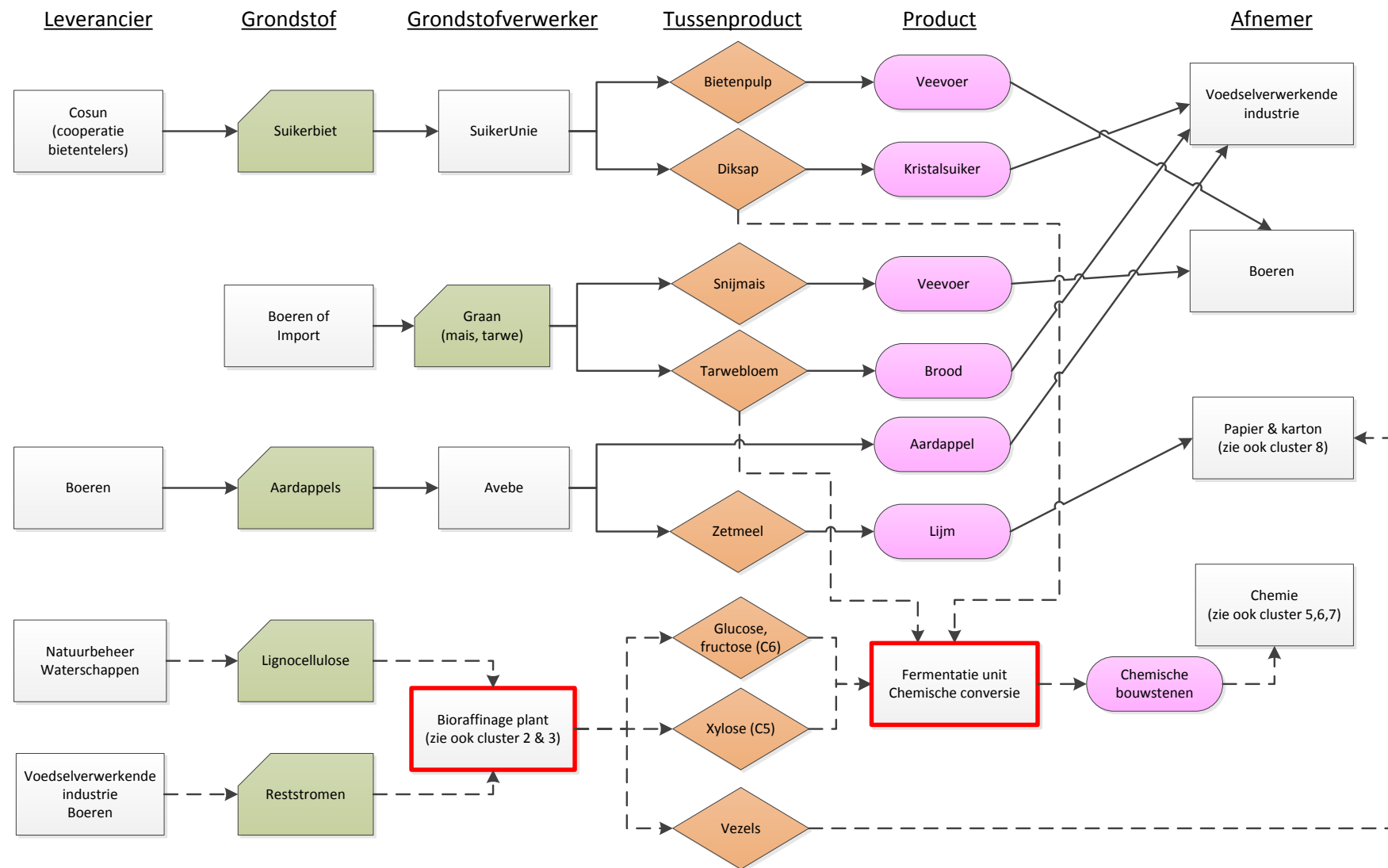
De productiequota gaan in 2017 verdwijnen waardoor de suikermarkt gaat veranderen. De mogelijke extra vraag vanuit de chemie naar suikers kan daarnaast ook een groot effect hebben. Door deze ontwikkelingen kan de suikerbiet, met name in Noord-Nederland waar de bietenteelt door klimaat en grondsoort efficiënt kan gebeuren, een belangrijk gewas worden voor de Biobased Economy.

De relatie tussen grondstoffen, producten en markten op het gebied van koolhydraten is weergegeven in Figuur 1, waarbij is uitgegaan van de beschikbare grondstoffen. Er is onderscheid gemaakt tussen bestaande ketens (rechte pijlen) en mogelijk nieuwe ketens (gestippelde pijlen). Aardappelen zijn niet opgenomen als mogelijke nieuwe bron van koolhydraten voor de chemie aangezien de productie van suikerstropen uit aardappels economisch gezien niet haalbaar is. Aardappelen zijn uiteraard wel van groot belang voor Noord-Nederland (naast voedselproductie ook productie van pootaardappelen). Daarnaast is in de figuur ook een bioraffinage plant en een fermentatie unit in het schema opgenomen.

Dit cluster beschrijft de productie van koolhydraten als input voor verdere verwerking tot chemicaliën via fermentatieve dan wel chemische routes. De beschikbare grondstoffen moeten daarbij op verschillende wijze worden verwerkt. Dit heeft te maken met het type koolhydraat: sacharose en zetmeel kan uit grondstoffen met bestaande technologie en met hoge zuiverheid en efficiëntie worden geïsoleerd en direct als grondstof dienen voor de chemie. Cellulose en hemicellulose zijn daarentegen veel moeilijker met een hoge zuiverheid en hoge efficiëntie te isoleren uit lignocellulose materialen of reststromen.

Er is in de wereld een groot aantal processen in ontwikkeling, gebaseerd op hernieuwbare grondstoffen, die kunnen concurreren met petrochemische tegenhangers. Een recent rapport van Task 42 van de IEA geeft een overzicht van projecten waarvan binnen beperkt aantal jaren een commercieel proces operationeel kan zijn. Zeker 25 van deze processen zijn gebaseerd op suikers als grondstof. Bovendien zullen er veel meer processen in ontwikkeling zijn die nog niet het daglicht hebben gezien vanwege octrooitechnische redenen. Sommige van deze chemicaliën kunnen in de clusters 5, 6 en 7 worden toegepast, anderen kunnen lokaal dan wel wereldwijd worden verkocht.





**Figuur 1:** Schematische weergave cluster 1. Rechte pijlen = bestaande ketens, gestippelde pijlen = mogelijk nieuwe ketens.

Cluster 1 is dus gericht op een aantal verschillende chemische producten die allen gemeen hebben dat de grondstof bestaat uit koolhydraten. In de volgende paragrafen wordt ter illustratie de productie van de chemische bouwstenen melkzuur (case 1), 2,5-FDCA (case 2), 1,2-ethaandiol (case 3) en tereftaalzuur (case 4) uit hernieuwbare grondstoffen als voorbeeldcase beschreven. Hierbij is aangenomen dat:

- Suiker of zetmeelrijke grondstoffen gemiddeld 72% van de droge biomassa aan koolhydraten bevatten en dat deze koolhydraten met een efficiëntie van 95% kunnen worden geïsoleerd of geëxtraheerd. Uitgaande van droge biomassa is dan  $72 \cdot 95 = 68\%$  van het droge gewicht van de biomassa beschikbaar als koolhydraat (C6-suikers).
- Lignocellulose gemiddeld 60% van de droge biomassa aan koolhydraten bevat en dat deze koolhydraten met een efficiëntie van 80% kunnen worden geïsoleerd. Uitgaande van droge biomassa is dan  $60 \cdot 80 = 48\%$  van het droge gewicht van de biomassa beschikbaar als koolhydraat (C6 en C5-suikers).

Voor elke chemische bouwsteen is opgenomen een korte omschrijving, infrastructuur, technologie en omvang. De niet technische aspecten (bedreigingen, werkgelegenheid, duurzaamheid, investeringen en sterktes/zwaktes) zijn voor chemische bouwstenen in het algemeen uitgewerkt in het laatste deel van dit cluster.

## **Case 1: Koolhydraten als grondstof voor melkzuur**

### **Korte omschrijving**

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Melkzuur is een bulkproduct met van oorsprong applicaties in de voedsel-, veevoer-, farmaceutische- en persoonlijke verzorgingmarkt. Als bouwsteen voor PLA (polymelkzuur) heeft melkzuur de potentie om aanzienlijk te groeien wat betreft marktvolume. Huidige productie van melkzuur ligt rond 300-400 kton/jaar en een marktprijs van 1000-1200 €/ton. Voor de productie van melkzuur is er een verschuiving gaande naar landen met lage lonen en lage suikerprijzen. Momenteel wordt er geen melkzuur geproduceerd uit Nederlandse gewassen. Gezien de snel groeiende PLA-markt zijn meerdere bedrijven gestart met de productie van PLA<sup>9</sup>.

*Welke grondstoffen zijn nodig?*

Fermenteerbare suikers. De Nederlandse en Weser-Ems gewassen suikerbiet, mais en tarwe zijn potentiële grondstoffen voor de productie van fermenteerbare suikers, maar ook lignocellulose stromen kunnen gebruikt worden.

Van deze grondstoffen lijkt suikerbiet het meest geschikt. Het tussenproduct dunsap heeft de ideale suikerconcentratie van 130 g/l voor fermentatie. Dunsap is echter niet houdbaar, daarvoor is de suikerconcentratie te laag, en indikken tot diksap (50-65% suiker) is de meest logische stap voor het verkrijgen van een grondstof die getransporteerd en opgeslagen kan worden. De persulp kan eventueel ook ingezet worden voor fermentatie.

Buffering van grondstoffen kan worden verkregen door import van droge, houdbare grondstoffen zoals mais en tarwe. Ook kunnen suikerstrophen zoals HFCS (High Fructose Corn Syrup) geïmporteerd worden zodat altijd voldoende suiker beschikbaar is voor fermentatie industrieën en chemische processing.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

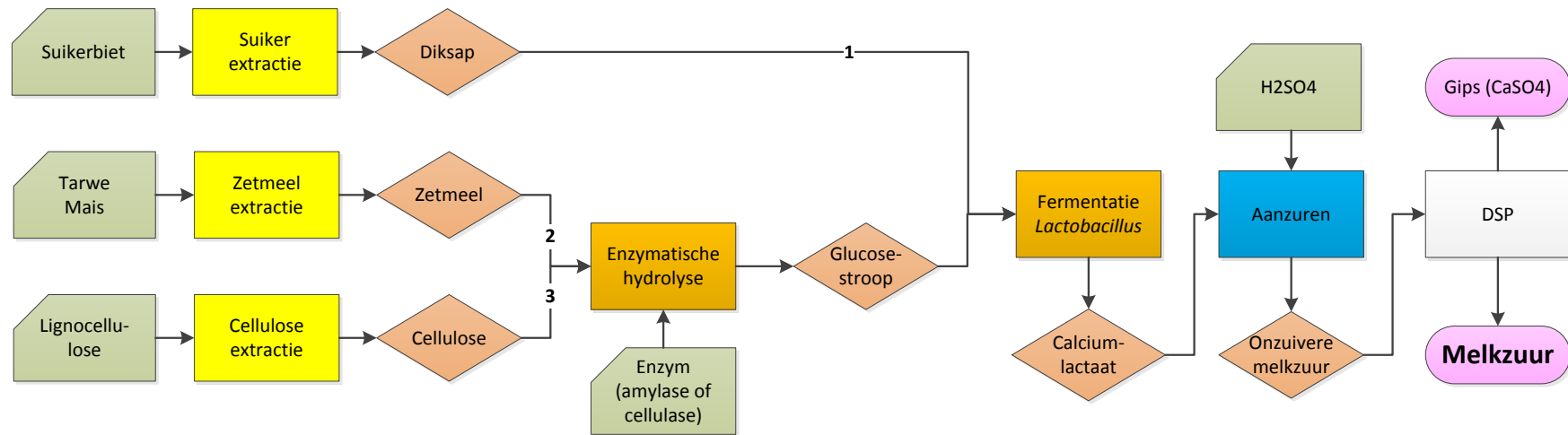
Efficiënte productie van suikerbieten in Noord-Nederland en Weser-Ems. Importmogelijkheden via de Eemshaven. Polymeercluster Emmen.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Zie Figuur 2. De keten is uitgewerkt voor 3 verschillende typen grondstoffen:

1. Productie suikerbieten>suikerextractie tot diksap>fermentatie tot melkzuur
2. Import van suikerstrophen uit mais/tarwe of uit lokale grondstoffen> fermentatie tot melkzuur
3. Lignocellulose>ontsluiting voor isolatie cellulose>enzymatische hydrolyse tot glucose>fermentatie tot melkzuur

<sup>9</sup> Harmsen PFH, Hackmann MM, Groene bouwstenen voor biobased plastics, (2012), Available from: <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/16GroeneBouwstenen.pdf>



**Figuur 2:** Verwerking van koolhydraten uit suikerbieten, granen of lignocellulose tot melkzuur.

## Infrastructuur en technologie

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

1. Voor de route uit suikerbiet is de infrastructuur aanwezig voor het verwerken van de bieten tot diksap maar de capaciteit kan niet eindeloos worden uitgebreid zonder grote investeringen en logistieke kosten.
2. Voor de route uit zetmeel kan glucosestroop worden geïmporteerd via de Eemshaven. Apparatuur voor de isolatie van zetmeel uit lokale grondstoffen zoals tarwe of mais is niet aanwezig, maar is middels redelijk bescheiden investeringen met standaard technologie te verwezenlijken. Er ligt een synergie mogelijkheid tussen gebruik van suiker uit bietensap en zetmeel welke gelegen is in het feit dat de ene stroom moet worden geconcentreerd om goed bruikbaar te zijn terwijl de andere stroom juist met water moet worden verdund. Combineren kan de nadelen van beide weghalen.
3. Voor de verwerking van lignocellulose grondstoffen en reststromen is een bioraffinage-unit noodzakelijk. Deze unit moet biomassa kunnen verwerken tot intermediaire producten. Dit hoeft niet beperkt te blijven tot suikers maar kan in combinatie met isolatie van eiwitten, vezels, cellulose voor andere clusters. Zo kan bijvoorbeeld alkalische ontsluiting van lignocellulose worden ingezet voor zowel de productie van fermenteerbare suikers als zuivere cellulose (zie cluster 2).

*Wat is stand van de benodigde technologie?*

Productie van melkzuur uit zetmeel (route 2) is op commerciële schaal (TRL9). Melkzuur wordt voor zover wij weten niet geproduceerd uit suikerbieten (route 1). Lignocellulose als grondstof voor melkzuur is nog in ontwikkeling (TRL 3-4).

## Omvang

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Realistische omvang van een melkzuurfabriek in Nederland is 100 kton/jaar aan productiecapaciteit. Met een marktprijs van ongeveer 1000-1200 €/ton melkzuur komt dit overeen met een omzet van 100 M€.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

Huidige productie van melkzuur wereldwijd ligt rond 300-400 kton/jaar (2012). Het is de verwachting dat dit zal toenemen gezien de snelgroeiende markt voor PLA.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Zoals weergegeven in Figuur 2 kan melkzuur geproduceerd worden uit suikerbiet, tarwe/mais of lignocellulose. Mais is momenteel de meest gebruikte grondstof voor de productie van melkzuur op commerciële schaal (in de VS). Suikerbiet is ook een optie (wordt momenteel niet gedaan), en het suikerbietenareaal kan mogelijk worden uitgebreid. Stel dat 20% van het maïsland in Weser-Ems beschikbaar komt voor bietenteelt (40.000 ha), dan moeten de biogas units (die mais gebruiken) grondstoffen krijgen uit andere bronnen. Naast suiker wordt door bieten ook 10 ton/ha aan biomassa geproduceerd. Dit compenseert mogelijk de mais derving. Verder kan 20% van het huidige graslandareaal in Weser-Ems gebruikt worden voor bietenteelt (60.000 ha). Deze grasderving kan gecompenseerd worden door verhoging van de grasopbrengst met 20%. Het is de

verwachting dat op termijn in Weser-Ems 50.000 - 100.000 ha aan bietenareaal mogelijk moet zijn<sup>10</sup> met een suikeropbrengst van ca. 1.5 M ton.

---

<sup>10</sup> *personal communication H. Sinnema, P. Bruinenberg, G. Sikken*

## Case 2: Koolhydraten als grondstof voor 2,5-FDCA

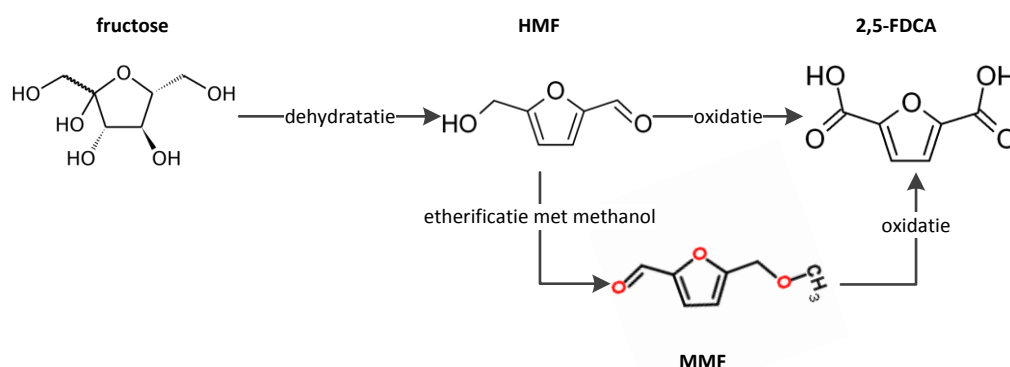
### Korte omschrijving

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

De furaanverbinding 2,5-FDCA (furaandicarbonzuur) is een dizuur dat als vervanger kan dienen voor verschillende petrochemische chemicaliën zoals tereftaalzuur en adipinezuur. Het Nederlandse bedrijf Avantium (spin-off van Shell in 2000) werkt aan de productie van 2,5-FDCA voor onder andere polyestertoepassingen, en dan met name voor PEF, een mogelijk vervanger van PET. Ze voorzien een potentiële markt voor biobased 2,5-FDCA van >100.000 kton/jaar met een prijs op commerciële schaal van < €1000/ton. Ter vergelijking, petrochemisch tereftaalzuur kost momenteel € 1200/ton<sup>11</sup>.

Momenteel wordt door Avantium in een pilotplant in Geleen 40 ton/jaar aan 2,5-FDCA uit eerste generatie grondstoffen geproduceerd. Dit moet uiteindelijk leiden tot een commerciële fabriek met een capaciteit van 30-50 kton/jaar.

2,5-FDCA kan via een aantal stappen worden verkregen uit suiker (zie figuur 3). Fructose dient als grondstof en wordt door dehydratatie omgezet in HMF (hydroxymethylfurfural) dat vervolgens kan worden omgezet naar 2,5-FDCA. Bottleneck in de route van fructose tot 2,5-FDCA is de instabiliteit van het intermediair HMF en er wordt dan ook veel onderzoek gedaan naar alternatieve routes voor de productie van 2,5-FDCA. Avantium heeft gekozen voor de route via het meer stabiele MMF (methoxymethylfurfural).



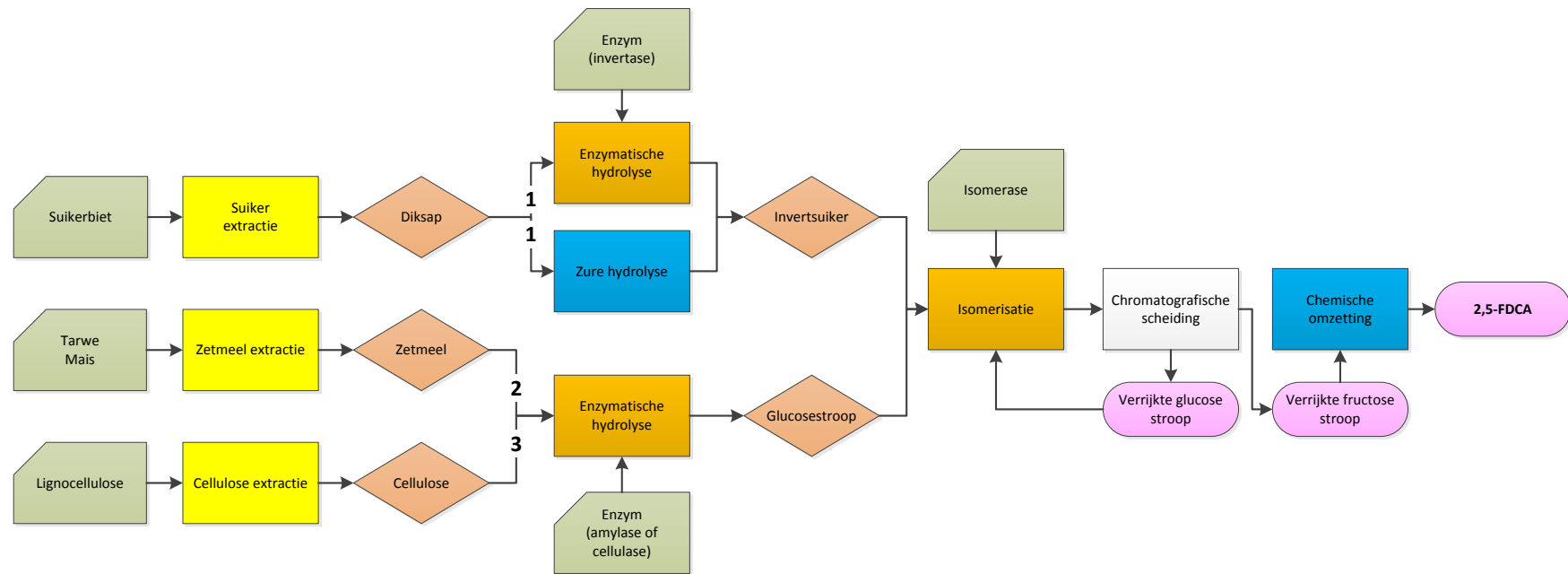
**Figuur 3:** Chemische conversie van fructose tot 2,5-FDCA

*Welke grondstoffen zijn nodig?*

Glucose of fructose-rijke stromen: fructose is uitermate geschikt voor de productie van HMF vanwege de 5-ring structuur. Glucose kan ook als grondstof dienen maar moet dan eerst door isomerisatie worden omgezet tot fructose.

Glucosestromen uit mais, tarwe of lignocellulose kunnen dienen als grondstof. Suikerbieten zijn ook interessant aangezien sacharose uit suikerbiet al voor 50% bestaat uit fructose. Daarnaast bevat de suikerbietenpulp veel pectines die ook kunnen worden omgezet tot 2,5-FDCA.

<sup>11</sup> de Jong E. Biomass conversion into YXY (furan) building blocks for polyester applications. 7th Conference on renewable resources and biorefineries 2011; Brugge, Belgium



**Figuur 4:** Verwerking van koolhydraten uit suikerbieten, granen of lignocellulose tot 2,5-FDCA.



*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

- Efficiënte productie van suikerbieten in Noord-Nederland.
- Aansluiting op nog te realiseren bioraffinage plant voor de verwerking van (locale) lignocellulose
- Mogelijke afzet naar cluster 6 in Emmen, met name omdat voor deze nieuwe bouwsteen ook nog een stuk materiaalontwikkeling nodig is.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

De keten is uitgewerkt voor 3 verschillende typen grondstoffen (zie Figuur 4):

1. Productie suikerbieten>suikerextractie tot diksap>hydrolyse tot invertsuiker>isomerisatie tot fructose>omzetting tot 2,5-FDCA
2. Import van suikerstropen uit mais/tarwe> isomerisatie tot fructose>omzetting tot 2,5-FDCA
3. Bioraffinage lignocellulose>cellulose>enzymatische hydrolyse tot glucosestroop> isomerisatie tot fructose>omzetting tot 2,5-FDCA

## **Infrastructuur en technologie**

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

1. Verwerking van suikerbieten is aanwezig.
2. Import glucosestropen (of mais en tarwe) via de haven
3. Voor de verwerking van lignocellulose grondstoffen en reststromen is een bioraffinage-unit noodzakelijk.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

Productie 2,5-FDCA bevindt zich op pilot schaal (TRL 4-5)

## **Omvang**

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Een commerciële fabriek produceert ongeveer 50 kton/jaar aan 2,5-FDCA. Met een marktprijs van 1000 €/ton levert dit een omzet van 50 M€.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

PEF wordt gezien als mogelijk vervanger van PET. PET is een van de grootste plastics met een wereldwijd marktvolume van meer dan 20 miljoen ton/jaar. Potentiële markt is dus groot.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Voor een commerciële fabriek van 50 kton/jaar aan 2,5-FDCA is naar schatting minimaal 100 kton fructose nodig. Daarbij is aangenomen dat de omzetting van fructose naar HMF met een efficiëntie verloopt van 80%. Gegeven een theoretische massa-efficiëntie van fructose naar HMF van 70% geeft dit een totale opbrengst van fructose naar HMF van 56% ( $0.7 \cdot 0.8 = 0.56$ ). Verdere omzetting van HMF naar MMF en uiteindelijk 2,5-FDCA geeft ook nog verliezen, daarbij is ook methanol nodig voor de etherificatie. Tenslotte zullen er ook nog verliezen optreden bij de omzetting van glucose naar fructose. De benodigde fructose is aanwezig, zij het uit suikerbieten of door import (zie ook melkzuurcase).

### **Case 3: Koolhydraten als grondstof voor ethyleenglycol (1,2-ethaandiol)**

#### **Korte omschrijving**

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Ethyleenglycol wordt toegepast als monomeer voor polyesters, koelvloeistof of antivries. De polyesters worden toegepast als textiel-en tapijtvezels (55%) en in verpakkingsmaterialen zoals de PET-flessen (25%). Wereldwijde vraag naar ethyleenglycol was 21 miljoen ton in 2010 en schattingen voor 2015 zijn 28 miljoen ton. China is een grote afnemer van ethyleenglycol (45% van totale productie).

Petrochemisch ethyleenglycol wordt momenteel op industriële schaal geproduceerd door additie van water aan etheenoxide, waarbij etheenoxide wordt verkregen door oxidatie van etheen. Shell is marktleider in ethyleenglycol, met een van de grootste fabrieken in Singapore met een jaarlijkse capaciteit van 750 kton<sup>12</sup>.

Er zijn verscheidene biobased routes naar ethyleenglycol mogelijk. De commerciële route is via biobased etheen uit bioethanol. Dit proces is op commerciële schaal (400-500 kton/jaar) met productie in onder meer India. India Glycols produceert ethyleenglycol uit bioethanol voor verwerking in PET (Plant Bottle van Coca Cola) sinds 1989<sup>13</sup>.

Naast de route via ethanol zijn er ook mogelijkheden via katalytische conversie (hydrogenolyse) van suikeralcoholen zoals xylitol (uit xylose), sorbitol/mannitol (uit glucose of fructose) of glycerol (bijproduct van biodieselproductie)<sup>14</sup>. Een laatste route is via fermentatie.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

- Efficiënte productie van suikerbieten in Noord-Nederland.
- Aansluiting op te realiseren bioraffinage plant en activiteiten in Emmen

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

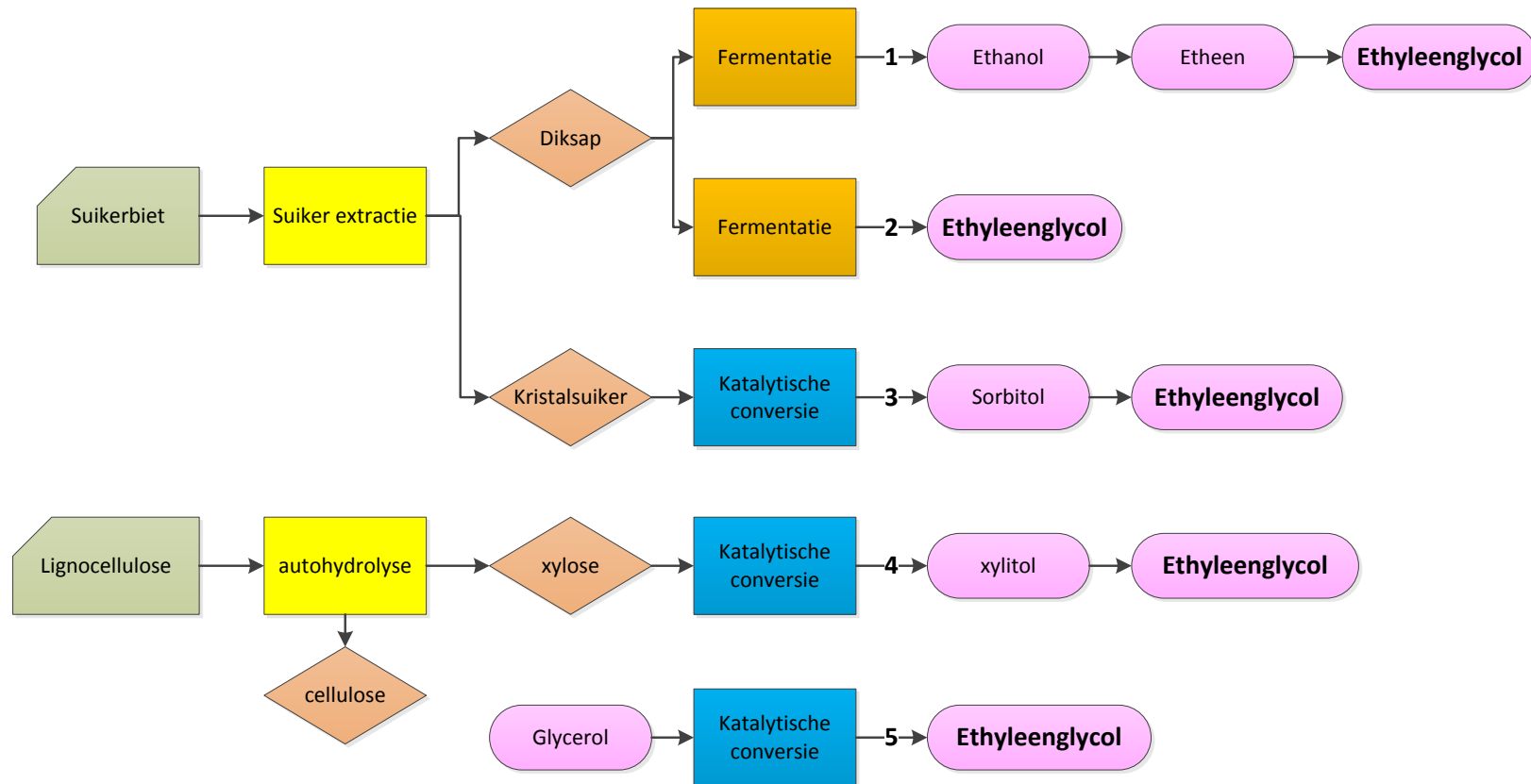
De keten is uitgewerkt voor 3 verschillende typen grondstoffen, suikerbieten, lignocellulose en glycerol en 5 verschillende routes (zie Figuur 5):

1. Productie suikerbieten>suikerextractie tot diksap> fermentatie tot ethanol>katalytische conversie tot ethyleenglycol
2. Productie suikerbieten>suikerextractie tot diksap>fermentatie tot ethyleenglycol
3. Productie suikerbieten>kristalsuiker>kat. conversie naar sorbitol> kat. conversie naar ethyleenglycol
4. Lignocellulose>xylose>kat. conversie naar xylitol> kat. conversie naar ethyleenglycol
5. Glycerol>katalytische conversie naar ethyleenglycol

<sup>12</sup> <http://www.shell.com/global/products-services/solutions-for-businesses/chemicals/media-centre/factsheets/meg.html>

<sup>13</sup> [http://www.indiaglycols.com/product\\_groups/monoethylene\\_glycol.htm](http://www.indiaglycols.com/product_groups/monoethylene_glycol.htm)

<sup>14</sup> Van Haveren J, Scott EL, Sanders J, Bulk chemicals from biomass, Biofuels, Bioproducts and Biorefining, **2(1):41-57 (2008)**



**Figuur5:** Verwerking van suikerbiet, lignocellulose of glycerol tot ethyleenglycol

**Tabel 2:** *Overzicht verschillende routes voor productie ethyleenglycol*

Route	Grondstof	TRL	Volume	Wie?
1	Suiker of zetmeel	9	400-500 kton	India Glycols
2	C6-suiker <sup>15</sup>	2-3	nvt	MIT
3	C6-suiker <sup>16</sup>	2	nvt	
4	Lignocellulose	2	nvt	
5	Glycerol <sup>17</sup>	2-3	nvt	Clariant

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Hoeveelheid grondstoffen die nodig is, is afhankelijk van de route en de bijbehorende opbrengsten. Zo is bijvoorbeeld voor een ton ethyleen via de bioethanol route voor verdere conversie naar ethyleenglycol al minimaal 3.3 ton suiker nodig. Naar schatting zal de route via anaerobe fermentatie efficiënter verlopen en is per ton ethyleenglycol nog maar 1.3 ton suiker nodig. Dergelijke data zullen ook voor de andere routes beschikbaar moeten komen maar daarvoor is meer inhoudelijke kennis nodig over omzettingsgraden en opbrengsten.

Anaerobe fermentatie technologie heeft niet alleen als strategisch voordeel dat er veel minder grondstofkosten zijn, maar bovendien zullen er ook veel minder kapitaalskosten zijn omdat de apparatuur veel eenvoudiger te bouwen en te bedrijven is. De anaerobe technologie kan in vele gevallen competitief zijn met petrochemische routes. Dit is een aantal jaren geleden voor ethyleenglycol doorgerekend aan de hand van een door WUR ontworpen proces, niet alleen voor chemie op basis van olie maar ook op basis van de huidige Amerikaanse situatie op schalie gas. Veel (chemie) bedrijven blijven nog steken in de gedachte dat het goedkoper is de bestaande fabrieken en kennis te blijven inzetten. Daardoor zullen zij te laat komen met de echte innovatie die nodig is. In een wereld met octrooien kan dit bepaalde industrieën enorm afhankelijk maken, juist nu de nieuwe technologieën op de tekentafel liggen en met relatief weinig inspanning kunnen worden geïmplementeerd. In het geval van de ethyleenglycol, bleek twee jaar na het eerste ontwerp dat het MIT in Boston, USA een octrooi aanvraag langs vergelijkbare route had ingediend.

<sup>15</sup> Stephanopoulos G, Pereira B, De Mey M, Dugar D, Avalos JL, inventors; Engineering microbes and metabolic pathways for the production of ethylene glycol patent WO2013126721A1. 2013

<sup>16</sup> Xi J, Ding D, Shao Y, Liu X, Lu G, Wang Y, Production of Ethylene Glycol and Its Monoether Derivative from Cellulose, ACS Sustainable Chem Eng, 2(10):2355-62 (2014)

<sup>17</sup> Stankowiak A, Franke O, inventors; Method for preparing 1,2-propanediol by hydrogenolysis of glycerol patent DE102007003188B3. 2008

## Case 4: Koolhydraten als grondstof voor tereftaalzuur

### Korte omschrijving

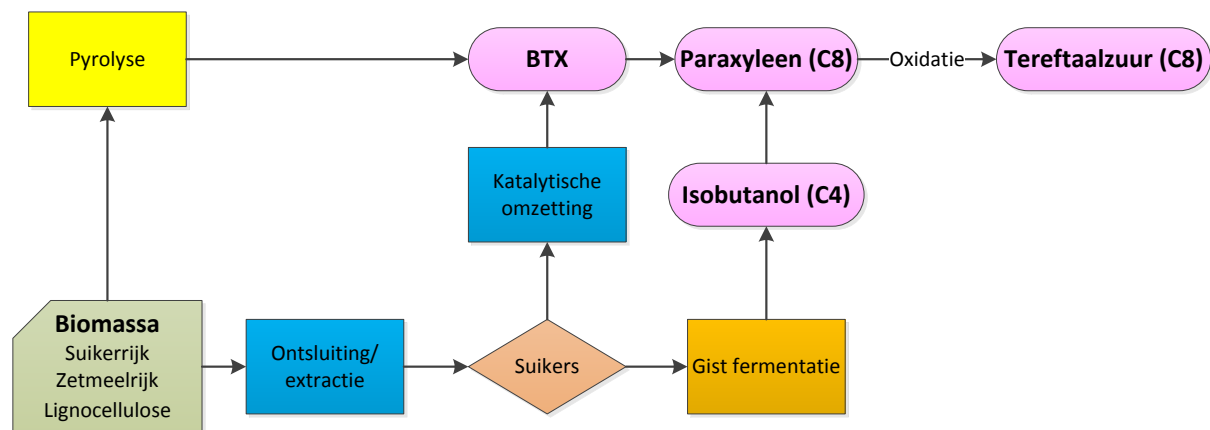
*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Tereftaalzuur wordt uit petrochemische grondstoffen verkregen door oxidatie van paraxyleen. Potentiele wereldmarkt voor tereftaalzuur wordt geschat op 50 miljoen ton/jaar. De huidige markt voor paraxyleen wordt geschat op 30 miljoen ton/jaar met een mogelijke groei tot 60 miljoen/jaar in 2020.

Een groot aantal bedrijven, onderzoeksinstituten en universiteiten werkt aan biobased tereftaalzuur via biobased paraxyleen, met name voor toepassing in polyesters zoals PET. Grootste spelers zijn Toray (Japan), Gevo (VS) en Virent (VS). Huidige routes naar biobased tereftaalzuur worden geschat op TRL4-5 waarbij de technologie nog in ontwikkeling is (productie op kg-schaal).

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Routes naar biobased tereftaalzuur zijn onder te verdelen in een route via biobased BTX naar paraxyleen (Virent) en een route via fermentatie naar isobutanol gevolgd door conversie naar paraxyleen (Toray en Gevo).



**Figuur 6:** Verwerking biomassa tot tereftaalzuur.

Ook voor tereftaalzuur is een route ontworpen waarin anaerobe fermentatie een tussenproduct vormt dat chemisch naar tereftaalzuur kan worden omgezet. Dit tussenproduct is ook middels bioraffinage uit een aantal commodity biomassa grondstoffen te isoleren. Deze route is nog niet openbaar gemaakt.

## **Overige vragen in Cluster 1**

### **Bedreigingen**

*Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

Dit is per chemische bouwsteen anders. In het algemeen kan worden gesteld dat goedkope petrochemische grondstoffen en volledig uitontwikkelde processen een bedreiging vormen voor de biobased productie uit hernieuwbare grondstoffen. Uitzondering hierop is melkzuur, dat heeft geen goedkope petrochemische tegenhanger en is in dat opzicht een mooi voorbeeld van een biobased molecuul met nieuwe toepassingen.

Ethyleenglycol uit bioethanol is economisch haalbaar maar is niet duurzaam. Zo wordt glucose (C6) afgebroken tot etheen (C2) waarbij veel koolstof en functionaliteit verloren gaat. Dit kost veel energie en veel grondstoffen (etheen is nog maar 15 wt% van het oorspronkelijke suikermolecuul). Vervolgens moet er weer functionaliteit in de vorm van twee alcoholgroepen worden toegevoegd om ethyleenglycol te krijgen. In dat opzicht zijn routes via suikeralcoholen zoals xylitol, sorbitol en glycerol of middels anaerobe fermentatie uit suikers, veel duurzamer. Efficiënt gebruik van biomassa en lage kapitaalskosten vormen een drijfveer voor deze alternatieve routes. Met name als grondstoffen duurder worden zal efficiënt gebruik van grondstoffen een grotere rol spelen.

*Regelgeving*

Er is geen gelijk speelveld voor de productie van biofuels zoals bioethanol en biochemicals. Door regelgeving wordt de productie van bioethanol gestimuleerd (ook 2<sup>e</sup> generatie) waardoor ethanol goedkoper geproduceerd kan worden en ook wordt ingezet voor verdere conversie naar andere bouwstenen (bv ethyleenglycol). In Nederland echter wordt de ethanolprijs kunstmatig hoog gehouden.

*Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Het gaat hier om nieuwe activiteiten waarbij lobbywerk van organisaties als de NOM en NFIA nodig is om begrip te kweken en bedrijven aan te trekken.

*Welke overige bedreigingen/risico's?*

De suikermarkt gaat vanaf 2017 veranderen door loslaten van productiequota. Hierdoor kunnen dan gemakkelijker goedkope suikerstropen uit mais (HFCS) geïmporteerd worden.

*Is de case maatschappelijk acceptabel?*

Efficiënt gebruik van landbouwgrond en grondstoffen is belangrijk. Suikerbiet is binnen Europa het beste gewas voor de productie van suiker; per hectare wordt de meeste suiker verkregen. Dit voordeel moet benut worden. Door het slim inzetten van bioraffinage, het benutten van alle waardevolle componenten uit een gewas, hoeft het gebruik van suikers voor de chemie niet te concurreren met voedsel en veevoerproductie. Het gebruik van lignocellulose is maatschappelijk acceptabel aangezien er geen voedselgewassen worden gebruikt.

## Werkgelegenheid en duurzaamheid

*Hoeveel werkgelegenheid levert de case potentieel?*

Een nieuwe fabriek met investeringskosten van 50-150 M€ levert ongeveer 50-70 fte direct op.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale case maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

De CO<sub>2</sub> besparing is sterk afhankelijk van product en gekozen route. Wij richten ons vooral op de gefunctionaliseerde chemicaliën. De geschatte besparing daarbij is 20-40 GJ per ton product. Samen met de energie-inhoud van het eindproduct is de geschatte reductie aan fossiele CO<sub>2</sub> emissie bij een productieomvang van 100.000 ton product in de orde van 250-600 kton.

*Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Dit is sterk afhankelijk van de gekozen routes en grondstoffen. Zo zal lignocellulose een lignine-rijke nevenstroom opleveren die verbrand kan worden of kan worden ingezet als bron van aromaten of als biobinder. Andere stromen kunnen mogelijk worden ingezet als feed.

## Investing

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

Een bioraffinage unit voor het verwerken van lignocellulose biomassa tot fermenteerbare suikers met een capaciteit van 700 kton biomassa zal aan investeringskosten rond 100 M€ (+/- 50 M€) kosten. Voor een unit met een capaciteit van 225 kton biomassa zijn de kosten rond 50 M€ (+/- 20 M€). Kosten (investeringskosten en operationele kosten) zijn voor een groot deel afhankelijk van de gekozen ontsluitingstechnologie<sup>18</sup>.

Een fermentatie-unit met een capaciteit van 100 kton voor anaerobe fermentatie zal aan investeringskosten rond 150 M€ (+/- 50 M€) zijn, inclusief opwerkingskosten (downstream processing). Werkelijke kosten zullen afhangen van de specifieke fermentatie zelf (welk product wordt gemaakt?), opwerking en utilities zoals stoom, stroom, milieuvoorzieningen die moeten worden opgezet of die kunnen worden gedeeld. Een unit met een capaciteit van 25 kton kost ongeveer 50M€ ( +/- 25 M€).

*Waar kunnen deze units het best neergezet worden?*

- Eemshaven en Delfzijl beschikken over veel restwarmte en toegang van en naar oceaan.
- Industriepark Zuid Groningen (TerApelkanaal): infrastructuur, goed ontsloten voor bieten aanvoer vanuit A31 in Weser-Ems en aanwezigheid logistieke kennis.
- Emlichheim, (Emsland Staerke) (aardappelverwerking).
- Coevorden, Europa park.
- Hoogkerk/ SuikerUnie; veel kennis en infrastructuur aansluiting op restproducten; echter afstand vanaf Weser-Ems wordt wel heel groot als grote hoeveelheden bieten extra verwerkt moeten worden.
- Andere locatie in Weser-Ems, bijvoorbeeld bij nog op te starten nieuwe suikerfabriek (zie hieronder).

<sup>18</sup> Harmsen PFH, Lips S, Bakker RRC, Pretreatment of lignocellulose for biotechnological production of lactic acid; research review, WUR Food and Biobased Research (2013), Available from: <http://edepot.wur.nl/293952>.

- Ontkoppelen door voorbewerking van de bieten (concentreren en mineralen achterlaten) en verdere industriële verwerking op een of meer van de overige genoemde locaties.

Op dit ogenblik zou allereerst gebruik gemaakt kunnen worden van de infrastructuur in industrie park Zuid-Groningen of wellicht aanvankelijk bij de bestaande SuikerUnie fabriek in Hoogkerk indien de logistieke problemen overkomen kunnen worden. Daar zouden één of meer producten kunnen worden gemaakt. Ook is het mogelijk dat daar juist een geconcentreerd suikerproduct wordt gemaakt dat in Delfzijl of Eemshaven verder tot de commodity producten worden omgezet. Intussen zijn kleinschalige suikerfabrieken on stream en kan gewerkt worden aan een grote bieten fabriek in Weser-Ems, die een campagnetijd heeft van ca. 7-8 maanden.

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in de case en hoe?*

Suikerunie, Avantium, Corbion, AKZO, DSM, internationale chemie bedrijven,

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe en door wie?*

Bedrijven moeten worden benaderd om hierin (gezamenlijk) te investeren. Hierbij kan worden gedacht aan het opzetten van een fermentatie-unit en het verwaarden van nevenstromen. Tevens kan worden aangesloten bij het CCC (Carbohydrates Competence Centre), een deel van het onderzoek naar verwaarden van nevenstromen voor suikerproductie vindt daar ook al plaats.

## **Met welke andere cases zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Cluster 2 (cellulose): met dezelfde ontsluitingstechnologie op basis van alkalische behandeling kunnen zowel fermenteerbare suikers als zuivere cellulose uit lignocellulose grondstoffen geproduceerd worden.

Cluster 5 (chemie): bouwstenen voor chemie en biobased plastics

Cluster 6 en in mindere mate 7: afnemers van de chemische bouwstenen

## **Welke zwakte kan een struikelblok zijn**

Kapitaalskosten, er moet flink geïnvesteerd worden om één of meer fermentatie-unit(s) en op termijn een bioraffinage-unit neer te zetten. Dit zal wellicht door een bedrijven consortium of joint-venture moeten worden gedaan.



## Cluster 2: Cellulose, oude grondstof voor nieuwe chemie<sup>19</sup>

### Korte omschrijving

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Cellulose valt onder de koolhydraten, het is een polymeer van glucose moleculen en door de kristallijne structuur zeer moeilijk afbreekbaar. Cellulose bevindt zich in de celwand van planten, en geeft stevigheid en structuur aan de plant.

Het cellulosegehalte in een plant varieert; het cellulosegehalte in katoen is zeer hoog (>90%), in grasachtige gewassen ligt dit veel lager (35-40%). Naast het cellulose gehalte is ook de ketenlengte van de cellulose van groot belang voor de toepasbaarheid. Deze ketenlengte wordt uitgedrukt als DP (degree of polymerization) of viscositeit. Hoe hoger de DP, hoe hoger de waarde van de cellulose.

Cellulose wordt toegepast in verschillende markten, afhankelijk van de kwaliteit (zuiverheid, DP). Cellulose kan worden gebruikt als textielvezel (cellulose acetaat, viscose, rayon), als cellulosederivaat in de chemie (verdikkingsmiddel zoals CMC), in de papier en karton industrie (papierpulp) of als grondstof voor chemische bouwstenen (glucose bron).

De relatie tussen cellulosegehalte in planten en uiteindelijke cellulosekwaliteit is schematisch weergegeven in figuur 1 op de volgende bladzijde. Cellulose in zijn meest zuivere vorm (dissolving cellulose) is een cellulosepulp met een hoge DP en een zeer hoog gehalte aan kristallijne cellulose en een lage concentratie aan hemicellulose, lignine, silica en harsen. Deze cellulose dient als grondstof voor textielvezels en cellulosederivaten. Aan de andere kant van het spectrum zit glucose (monomeer van cellulose) als grondstof voor bijvoorbeeld fermentatie (zie cluster 1).

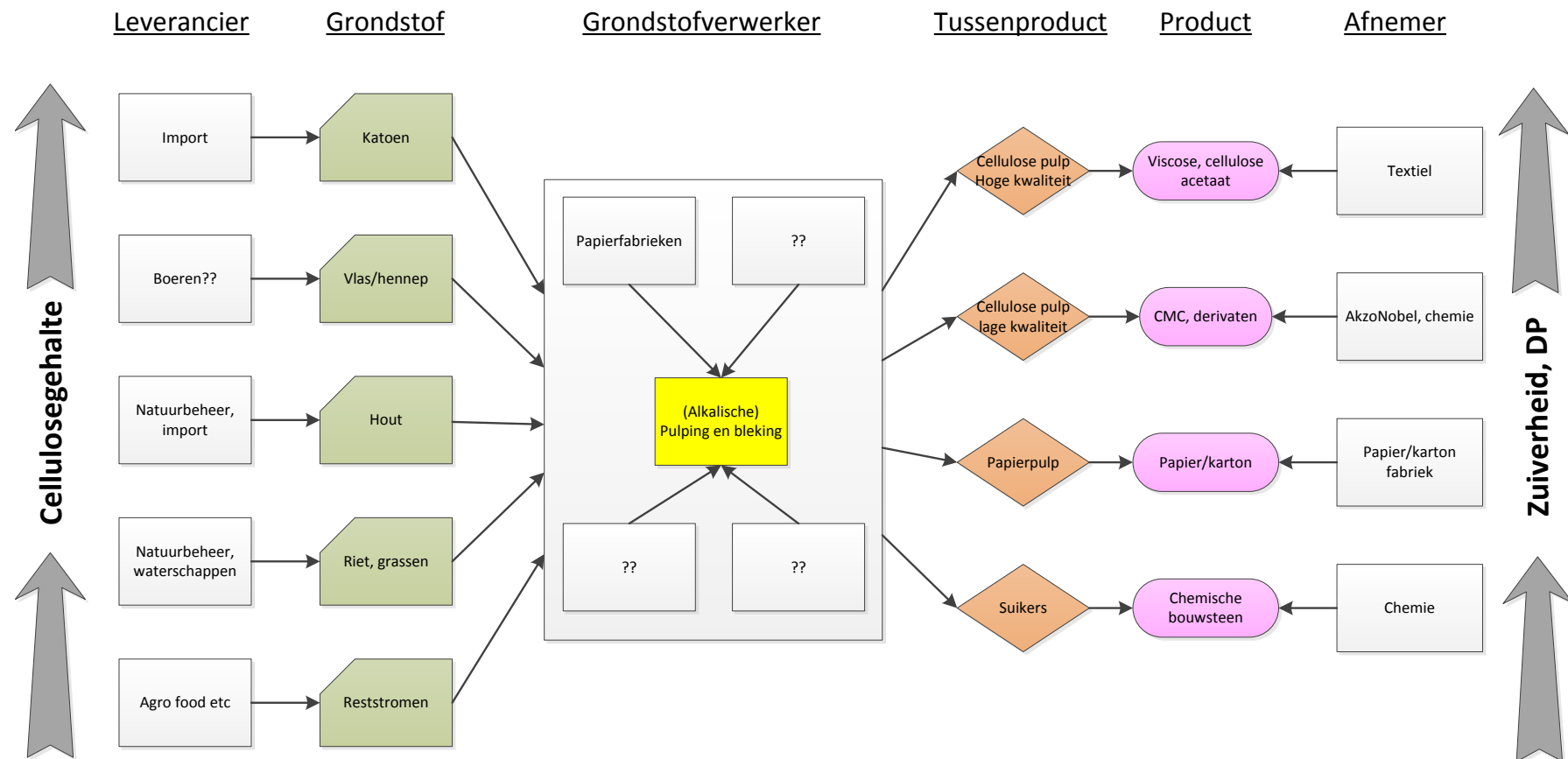
De wereldmarkt voor zuivere cellulose bedraagt ongeveer 4 miljoen ton. Tussen 1982 en 1997 is de capaciteit gedaald van 6 naar 4 miljoen ton door de vervanging van cellulose vezels door goedkopere vezels zoals polyesters en nylons. Momenteel wordt cellulosepulp voornamelijk geproduceerd uit katoen en hout. In Nederland wordt dissolving cellulose geïmporteerd uit landen als Brazilië.

*Welke grondstoffen zijn nodig?*

Zoals blijkt uit figuur 1 kan cellulose uit verschillende Nederlandse grondstoffen geproduceerd worden. Grondstoffen met een laag cellulosegehalte (35-40%) zijn verhoude grassen zoals natuurgras, switchgrass, miscanthus, riet. Nadeel van het gebruik van grassen is een hoog silica-gehalte. Door de juiste keuze van het proces kan een cellulosepulp worden verkregen met een as- en silicagehalte dat cellulosepulp uit hout benadert.

---

<sup>19</sup> Informatie gedeeltelijk afkomstig uit het project Bioraffinage Innovatie Cluster Regio Gelderland (BIC-Gelderland); valorisatie van lignocellulose-rijke biomassa, Editors Harmsen PFH, Ree R van, Bioraffinage Innovatie Cluster Regio Gelderland; valorisatie lignocellulose-rijke biomassa, Wageningen UR Food and Biobased Research (2014).



**Figuur 1:** Relatie tussen cellulosegehalte in plantaardige grondstoffen en cellulosekwaliteit

Grondstoffen met een hoog cellulosegehalte zijn (olie)vlas en hennep. De bastvezels van deze gewassen (bundels van cellen die aan de buitenkant over de gehele lengte van de stengel liggen) worden gekenmerkt door een hoog cellulosegehalte (70-80 %). Door dit hoge cellulosegehalte zijn vlas en hennep zeer geschikt voor de productie van zuivere cellulose.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

Hennep is een bestaande teelt met een huidig areaal van ongeveer 1000 ha. Een deel daarvan wordt in het Noorden van Nederland geteeld. Daarnaast heeft AkzoNobel aangegeven geïnteresseerd te zijn in alternatieve cellulosebronnen als grondstof voor cellulosederivaten. AkzoNobel produceert in Arnhem uit zuivere cellulose en monochloorazijnzuur het cellulosederivaat CMC dat wordt toegepast als verdikkingsmiddel. Daarnaast is er in Duitsland bij Walsrode een cluster bedrijven dat cellulose gebaseerde producten maakt.

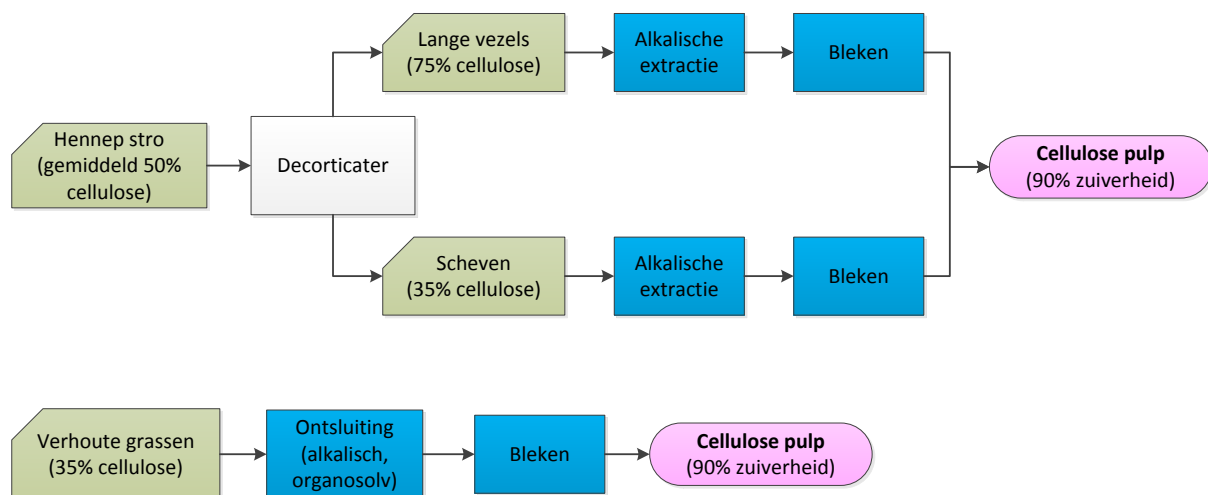
*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

De mogelijke afzet voor de bioraffinagefaciliteit in cluster 1 wordt verbreed.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

De keten is uitgewerkt voor 2 verschillende typen grondstoffen (zie Figuur 2):

- Productie hennep/vlas>alkalische extractie>zuiveren tot zuivere cellulose pulp
- Lignocellulose>ontsluiting voor isolatie cellulose>zuiveren tot zuivere cellulose pulp



**Figuur 2:** Verwerking van grondstoffen tot cellulose pulp

## Infrastructuur en technologie

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

Bastvezels van hennep en vlas zijn het meest geschikt voor celluloseproductie door het initieel hoge cellulosegehalte van de vezels (75%). Middels een alkalische extractie gevolgd door een bleekstap kan zuivere cellulose worden verkregen.

Grondstoffen met een lager cellulosegehalte (verhoute grassen maar ook vlas/hennep scheven) zijn ook geschikt voor de isolatie van cellulose maar de processtappen zijn complexer en duurder. Mogelijkheden hiervoor zijn wederom een alkalische extractie of een organosolv proces waarbij de ontsluiting wordt gedaan met organische oplosmiddelen. Voorbeeld hiervan is de ontsluiting van residuen uit de palm olie industrie met azijnzuur voor de productie van zuivere cellulose.

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Er is een unit nodig die grondstoffen kan verwerken tot cellulose. Deze unit is zeer vergelijkbaar met de bioraffinage unit beschreven in cluster 1. Door het aanpassen van de procescondities en het aantal zuiverings- en isolatiestappen is het mogelijk zowel fermenteerbare suikers als zuivere cellulose te produceren in dezelfde fabriek.

*Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Het benutten van nevenstromen (hemicellulose (C5-suikers), lignine) is van groot belang bij grondstoffen met een lager cellulosegehalte. Het hele gewas zal moeten worden benut, dus niet alleen focussen op de cellulose aangezien die maar 35% van de totale biomassa uitmaakt. Hierdoor kan de cellulose wellicht concurrerend worden geproduceerd. De keuze van het extractieproces (alkalisch of organosolv) is mede bepalend voor de eigenschappen/kwaliteit van de nevenstromen. Een aantal opties hiervoor is uitgewerkt in cluster 8 en 9.

## **Omvang**

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Capaciteit van een standaard cellulosefabriek wordt geschat op 10 kton/jaar. Pulprijzen variëren van 300 tot 4000 €/ton cellulose, afhankelijk van de gebruikte grondstof en cellulosekwaliteit. Voor vlas en hennep is dit 700-1000 €/ton, waarbij de omzet uitkomt op 7-10 miljoen €/jaar.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

AkzoNobel gebruikt cellulose als grondstof voor de productie van CMC, maar ook andere markten kunnen bediend worden met de nevenstromen die vrijkomen bij de productie van cellulose. Daarnaast is er een cluster van celluloseverwerkende bedrijven in Walsrode.

Het totale gebruik wereldwijd van zuivere cellulose (dissolving pulp) ligt rond 4.5 Mt/jaar met een waarde van 1600-2000 €/ton<sup>20</sup>.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

In de huidige situatie is van de verhoute grassen alleen riet voldoende aanwezig om aan de vraag te voldoen; *Miscanthus* is een nieuwe teelt voor Nederland en wordt nog maar op hele kleine schaal geproduceerd.

De productie van (olie)vlas en hennep is bestaande agrarische praktijk maar de arealen zijn de afgelopen jaren sterk afgenomen. Voor een standaard cellulosefabriek met een capaciteit van 10.000 ton/jaar is ongeveer 2x het huidige areaal aan hennep nodig, voor vlas is dit 1,5x. Bij een toenemende vraag kan dit areaal echter gemakkelijk weer worden opgeschaald. Voor de opschaling van olievlas moet de afzet van lijnzaadolie ook toenemen.

---

<sup>20</sup> Keijsers ERP, Yilmaz G, van Dam JEG, *The cellulose resource matrix, Carbohydrate Polymers (2012)*.

## Bedreigingen

*Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

- Er wordt te weinig cellulose geproduceerd om aan de vraag van afnemers zoals AkzoNobel te voldoen. Bedrijven hebben dan nog altijd de mogelijkheid om cellulose te importeren.
- Als de cellulose niet voldoet aan de specificaties van de afnemer is het altijd nog mogelijk de cellulose in te zetten als zuivere bron van glucose voor bijvoorbeeld fermentatie (zie cluster 1).
- Als de prijs van cellulose uit Nederlandse gewassen hoger is dan geïmporteerde cellulose zal de cellulose niet worden afgenomen.

*Regelgeving*

Het gebruik van cellulose als grondstof is bestaande technologie, hier hoeft geen regelgeving voor te worden aangepast.

*Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Er is een vraag naar lokaal geproduceerde cellulose maar deze is niet erg krachtig. Het verdient aanbeveling om met het gereed komen van de bioraffinagefaciliteit (de ontsluiting) in cluster 1 te werken naar het bundelen van de cellulosevraag, zodat de productie in de ontsluitingsfabriek ook gericht kan gaan worden op cellulose.

*Welke overige bedreigingen/risico's?*

Het is mogelijk dat de markt voor cellulose uit vlas/hennep/riet te klein is om rendabel een fabriek te kunnen laten draaien. Daarom is het van groot belang ook nevenstromen zo optimaal mogelijk te benutten en toe te passen.

Huidige verwerking van vlas en hennep is gericht op de productie van vezels voor bijvoorbeeld textiel of de automobieliindustrie. Het verkrijgen van verschillende fracties uit vlas of hennep is een arbeidsintensief proces en dat is mede de oorzaak van de hoge prijzen voor de lange vezels. De goedkopere scheven kunnen ook eventueel gebruikt worden maar die zijn in cellulosegehalte vergelijkbaar met lignocellulose grondstoffen.

*Is de case maatschappelijk acceptabel?*

Ja, deze case concurreert niet met voedselproductie, en cellulose wordt al jaren toegepast in allerhande producten.

## Werkgelegenheid en duurzaamheid

*Hoeveel werkgelegenheid levert de case potentieel?*

Het cluster vormt voornamelijk een toevoeging en versterking van cluster 1, en de werkgelegenheid zal zich daar concentreren.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale case maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

Er zijn te weinig data bekend om hier iets over te zeggen.

## Investering

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

De investering hangt samen met de investering in de ontsluitingsfaciliteit.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

Zie cluster 1

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in de case en hoe?*

Hempflax en Dun Agro(verwerkers van hennep), AkzoNobel (afnemer van cellulose).

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe en door wie?*

Momenteel wordt er niet voldoende vlas en hennep in Nederland geproduceerd om aan de grondstofvraag van een toekomstige cellulosefabriek te voldoen. Er zal door boeren meer vlas en hennep geteeld moeten worden.

Er is geen bestaande partij in (Noord-)Nederland die zuivere cellulose kan produceren. Als er een bioraffinage unit wordt ontwikkeld voor de productie van koolhydraten (zie cluster 1) is er ook een mogelijkheid gecreëerd voor de productie van cellulose.

Voor de productie van zuivere cellulose uit vlas en hennep is scheiding in verschillende fracties, zoals dat nu wordt gedaan, niet noodzakelijk. Vlas en hennep zijn interessante gewassen gezien de opbrengst aan cellulose/ha en ze groeien goed op Nederlandse grond. Onderzocht zou moeten worden of met lagere verwerkingskosten vlas en hennep alsnog als grondstof kunnen dienen voor de productie van cellulose voor bijvoorbeeld CMC.

## **Met welke andere cases zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Dit cluster heeft aanknopingspunten met meerder clusters. Zo is er duidelijke overlap met cluster 1 (koolhydraten), zowel als het gaat over het benutten van nevenstromen voor de chemie als de benodigde technologie. Voor de verwerking van lignocellulose grondstoffen en reststromen is een bioraffinage-unit noodzakelijk. Deze unit moet biomassa kunnen verwerken tot intermediaire producten. Dit hoeft niet beperkt te blijven tot suikers maar kan in combinatie met isolatie van eiwitten, vezels, cellulose voor andere clusters. Zo kan bijvoorbeeld alkalische ontsluiting van lignocellulose (beschreven in dit cluster) worden ingezet voor zowel de productie van fermenteerbare suikers (zie cluster 1) als cellulose.

Ook is er een sterke link met cluster 7 (biocomposieten) waarbij hennep- of vlasvezels worden toegepast. Nevenstromen die bij dat proces vrijkomen zouden ingezet kunnen worden voor de productie van cellulose.

## Cluster 3: Eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoerders

### Korte omschrijving

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Eiwit is één van de waardevolle componenten in veevoer. In Nederland wordt per jaar ongeveer 4,8 miljoen ton (Mton) eiwit gebruikt in veevoer. In Duitsland wordt naar schatting zo'n 20 Mton eiwit in veevoer gebruikt. Voor Nederland geldt dat ongeveer 2,6 Mton van het eiwit wordt geïmporteerd (soja etc.). Duitsland importeert ongeveer 2,2 Mton. De rest van het eiwit komt in beide landen uit de eigen landbouw, onder andere uit gras en maïs.

Het eiwit is vaak geen apart toegevoegde component, maar is één van de ingrediënten van het gewas(deel) dat aan het vee gevoerd wordt. De hoeveelheid aanwezig eiwit in een gewas is niet altijd optimaal voor veevoer en het vee krijgt dus niet altijd de optimale combinatie van eiwit en andere stoffen. Isolatie van eiwit uit biomassa tot een meer hoogwaardig eiwit kan helpen om een meer optimale voerverhouding samen te stellen.

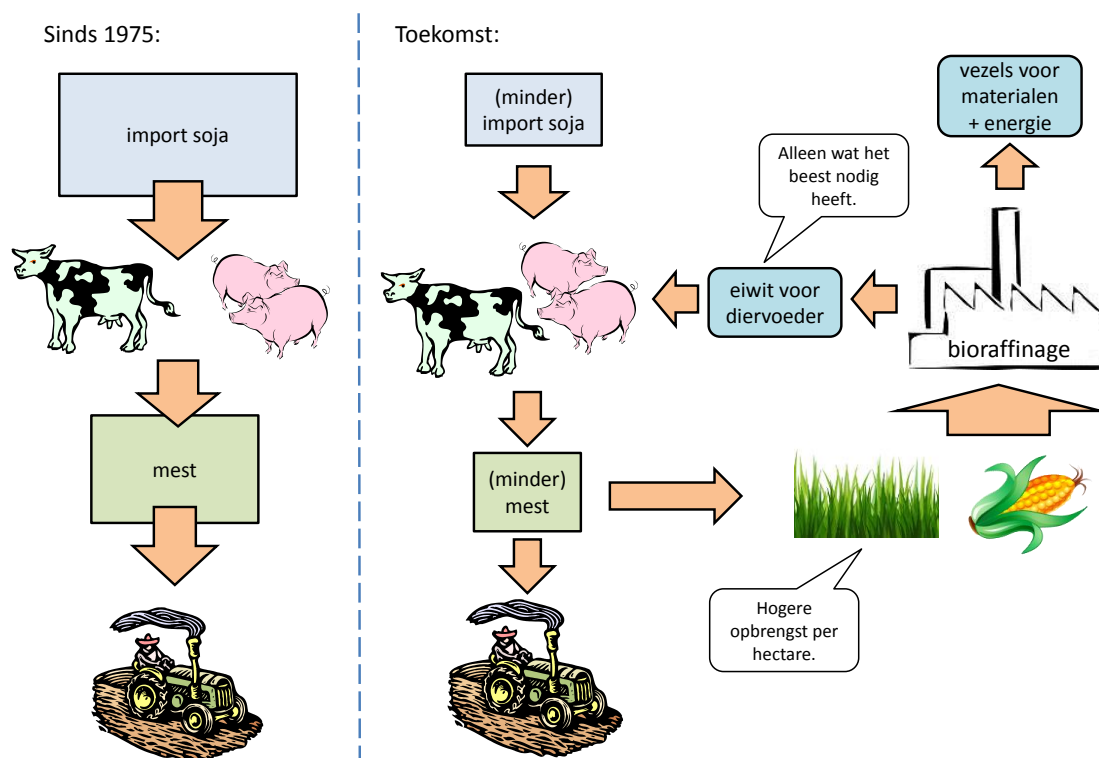
De hoeveelheid in eigen land (zowel NL als D) geproduceerd hoogwaardig eiwit voor veevoer kan worden verhoogd door een combinatie van drie aanvliegeroutes:

- De productie van gras per hectare kan worden verhoogd door ander beheer: meer en regelmatig bemesten, regelmatig maaien, gras niet drogen op het veld maar direct verwerken waardoor (i) lekverliezen worden voorkomen (ii) weersonafhankelijk gemaaid kan worden, en (iii) geen groeiend gras van de zon wordt afgeschermd.
- Een nieuw bouwplan dat zich momenteel ontwikkelt doordat rundveeboeren en akkerbouwers samenwerken: 2 jaar grasteelt, 1 jaar aardappel en 1 jaar biet en daarna weer gras. Hierdoor kan gras een hogere bemesting krijgen omdat de overige gewassen minder nodig hebben dan de EU richtlijn toestaat. De ziektedruk op biet en aardappel neemt af door één teelt per vier jaar waardoor de veld opbrengst 10-20% toeneemt, en de bodem kwaliteit neemt toe door goede doorworteling van het gras. De vastgelegde organische stof kan grotendeels behouden blijven bij een voorzichtige vorm van ploegen.
- Gras, maïs (die nu wordt vergist), tarwe en zijstromen van de suikerbietproductie en van de biodieselproductie uit koolzaad kunnen worden geraffineerd om op deze manier meer-hoogwaardige eiwitten te produceren. Door het raffineren komen allereerst meer voedingsstoffen vrij voor het dier, dat zelf niet alle plantaardige cellen kan openbreken. Met meer-hoogwaardige eiwitten, waarvan de kwaliteit beter aansluit bij de behoefte van de dieren, kan met minder eiwit een even grote veestapel worden gevoed<sup>21</sup>. Dit betekent dat eiwitten met de hoogste gehalten essentiële aminozuren worden gevoerd aan kip en varken, en eiwitten met lager essentieel-aminozuurgehalte aan runderen. Een extra efficiëntieslag bij runderen kan nog worden gemaakt door eiwitten van hoge kwaliteit voor te behandelen (bestendig te maken) zodat deze eiwitten niet in de pens worden afgebroken, maar later in het spijsverteringskanaal.

<sup>21</sup> Voor koeien maakt het niet uit hoeveel essentiële aminozuren in het eiwit zitten, voor varkens en kippen is dat wel belangrijk. Een goede afstemming verlaagt de behoefte aan eiwit.

Hoogwaardiger eiwit heeft een significant hogere marktwaarde dan het gewas waar het uit geproduceerd wordt. Door het inzetten van bioraffinage-technologieën gericht op het produceren van eiwitten voor veevoer kan dus een hogere waarde voor een deel van de landbouwproducten worden gegenereerd, en kunnen meerdere markten tegelijk worden bediend door ook de complementaire stromen te verwaarden (zie clusters 8 en 9). De hogere opbrengst kan ruimschoots de kosten van de inzet van de bioraffinage-technologie dekken.

Een overzicht van dit concept staat weergegeven in Figuur 1.



**Figuur 1.** Efficiënter gebruik van eiwitten door bioraffinage.

Eiwitproductie in Nederland/Weser-Ems verlaagt de behoefte aan import van eiwithoudende grondstoffen voor de diervoeder industrie. Daardoor zal er minder import van mineralen als fosfaat, stikstof en kalium plaatsvinden waardoor tegelijkertijd het mestprobleem wordt verkleind.

De grasraffinage technologie bestaat in essentie al ruim tien jaar. Omdat eiwit een relatief hoge waarde heeft maar slechts 20% van de droge stof uit maakt, kon zonder de verwaarding van de (80%) bijproducten, er geen goede business case worden gemaakt. Inmiddels zijn we in een nieuwe periode beland waar geen 'landbouw overschotten' meer zijn, en eerder tekorten van grondstoffen door grote vraag uit bijvoorbeeld China en extra vraag juist uit de biobased economy. Hierdoor krijgen de bijproducten juist wel een voldoende waarde, waardoor het totaal aan inkomsten uit de verkregen fracties hoger wordt dan de kosten voor proces en grondstof.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt het cluster in?*

Het cluster verbindt de Nederlandse en Duitse veeteelt (deels lokaal en deels in de rest van het land) met de sterktes van het akkerbouwgebied en het grasland in het noorden van Nederland en Duitsland. Friesland positioneert zich natuurlijk goed wat grasland betreft en draagt verder bij met



het kenniscentrum van Dairy Campus aan de innovatie van de rundveeketen. Verder wordt gebouwd op een aantal lokale innovatieve initiatieven.

*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

De import van soja en andere eiwitgewassen voor veevoer leiden tot het verslepen van mineralen van de teeltgebieden naar Nederland. Daarnaast leidt de (toenemende) teelt van soja tot ongewenste kap van het regenwoud. Productie van eiwit op Nederlandse bodem verlaagt het mineralenoverschot (zowel fosfaat alsook stikstof) in Nederland zoals weergegeven in Tabel 1. Dit biedt zelfs ruimte voor uitbreiding van de melkproductie.<sup>22</sup>

**Tabel 1:** Teelt van eiwitgewassen in Nederland en bioraffinage van die gewassen leidt tot verlaging van het mineralenoverschot

	Fosfaatreductie <sup>23</sup> (kg/ha/j)		
	Minder import	Export	Totaal
<b>1 ha maisproteïne</b>	62 (soja)	72 (uit mais)	134
	150 (koolzaad)	72 (uit mais)	222
<b>1 ha grasproteïne</b>	90 (soja)	14 (uit gras)	104
	210 (koolzaad)	14 (uit gras)	224
<b>1 ha koolzaadproteïne</b>	150 (koolzaad)	100 (uit koolzaad)	250

Wanneer in Nederland extra eiwit wordt geproduceerd met reeds in Nederland aanwezige mineralen, dan kunnen de eiwitten via bioraffinage tot veevoer worden omgezet, en tegelijkertijd kunnen de in de plant opgehoopte mineralen via bioraffinage voor een deel worden geïsoleerd en als kunstmest worden ingezet (dit is toegestaan volgens EU wetgeving). Daardoor is minder "nieuwe" kunstmest in Nederland nodig, of kunnen de mineralen als kunstmest worden geëxporteerd. Bovendien is minder eiwitimport voor veevoer nodig, waardoor ook de mineralenimport afneemt. In de tabel hierboven is dat uitgewerkt: eiwit van 1 ha gras kan zoveel soja-import vervangen dat er 90 kg fosfaat minder wordt (mee)geïmporteerd. Uit diezelfde hectare gras kan circa 14 kg fosfaat worden gewonnen die kunstmest kan vervangen. Dit levert dus een totale besparing van circa 104 kg fosfaat. Wanneer met dezelfde hoeveelheid graseiwit koolzaadschroot wordt vervangen dan is het effect nog groter, omdat koolzaadschroot per hoeveelheid eiwit meer fosfaat bevat dan sojaschroot. Bij eiwitwinning uit koolzaad of mais zijn de besparingen op fosfaatoverschot anders, omdat de eiwitgehalten per hectare verschillen.

Ten aanzien van NH<sub>3</sub>-uitstoot kan de raffinage er toe leiden dat koeien (veel) minder onbestendig eiwit in hun dieet krijgen, waardoor de hoeveelheid ureum die uitgescheiden moet worden en uiteindelijk tot ammoniakemissies leidt, aanzienlijk kan worden beperkt.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Er is op dit moment een aantal technologische opties in ontwikkeling die apart of gezamenlijk in te zetten zijn voor een verbeterde eiwitproductie uit de bestaande landbouwgewassen.

<sup>22</sup> Sanders, J.; Doorn, W.J., van; Krimpen, M.M., van; Cremers, H., *Kleinschalige bioraffinage in de Achterhoek; een duurzame oplossing voor het mestprobleem (2013)*.

<sup>23</sup> Aangenomen dat mestverwerking circa € 10/m<sup>3</sup> kost, dan heeft de fosfaatreductie een waarde van 260-560 €/ha. Vergelijk 10 ton gras = € 800/ha/j, 10 ton mais = € 2000/ha/j.<sup>22</sup>

In alle gevallen wordt er een bioraffinageproces ingezet om grondstoffen beter te scheiden in eiwitten geschikt voor veevoer en andere nuttige componenten. Zie Figuur 2 voor een (niet uitputtend) overzicht.

Zes concepten zijn hier weergegeven: (1) ABCKroos, waarmee uit eendenkroos onder andere eiwit voor humane voeding en veevoer kan worden gemaakt, (2) Grassa, waarmee uit gras en bietenloof onder andere veevoereiwit en vezels wordt gemaakt, (3) HarvestaGG, waarmee uit gras of bermgras onder andere veevoereiwit maar vooral groen gas wordt gemaakt, (4) Maisraffinage, waarbij mais en tarwe worden geraffineerd tot onder andere veevoereiwit, zetmeel en ethanol, (5) MIMOSA, waarbij raapschroot (perskoek die vrijkomt bij biodieselproductie in Duitsland of wordt aangevoerd van overzee) kan worden geraffineerd tot onder andere veevoereiwit en melkzuur, (6) TCE GoFour-technologie waarbij biodiesel uit koolzaad wordt geproduceerd op de boerderij en vervolgens de reststroom kan worden geraffineerd tot onder andere eiwit voor eenmagigen en vezelkoek voor rundvee. Naast deze zes die momenteel door verschillende partijen worden ontwikkeld zijn nog meer opties denkbaar.

Bietenbladraffinage door het MKB-consortium 'ProLeaf'<sup>24</sup>

Het ProLeaf consortium ontwikkelt een proces voor de opwerking van bietenbladeiwit tot een hoogwaardig voedingsmiddel. KplusV treedt namens de samenwerkende partijen op als de penvoerder. KplusV is een project organisatiebureau dat actief is in de bio-based-economy. Initiatiefnemer in het consortium is ACConsult dat focus heeft op het maximaliseren van waarde uit akkerbouwproducten. In het consortium wordt nauw samengewerkt met Spring New Business Development voor de valorisatie van bietenblad en eendenkroos; en Dumea, een MKB-bedrijf dat zich opwerpt als specialist op het gebied van processen voor de duurzame verwerking van nevenstromen. Deze case is niet cijfermatig uitgewerkt.

Twee onderwerpen zijn niet verder uitgewerkt maar kunnen potentieel interessant zijn:

- *Garnalen*. Door Heiploeg in Zoutkamp, maar ook aan de Duitse kust (Neuharlingersiel) worden sinds kort garnalen mechanisch gepeld. Daardoor komen de reststromen vrij in Zoutkamp en niet meer in Marokko waar deze garnalen vroeger handmatig werden gepeld. Hollandse garnalen aanvoer in Nederland is ca. 20.000 ton/jaar<sup>25</sup>. In geval van mechanisch pellen is ca. 40% vlees en ca. 60% doppen. De doppen bevatten ca. 75% water, ca. 10% eiwit en ca. 15% ruwe chitine [inclusief kalk en astaxanthine]. Het volume garnalenchitine in Nederland zal naar verwachting met een efficiëntere pelmachine oplopen naar ca. 275 ton chitine per jaar. Aanmaak [wereldwijd] van chitine is ca. 50 miljard ton/jaar [t.o.v. cellulose ca. 100 miljard ton/jaar]. Het voedingssupplement glucosamine kan bijvoorbeeld hieruit geproduceerd worden. Het volume van het eiwit dat hierbij vrijkomt is klein wanneer toegepast in diervoeding, maar kan interessante afzet in de voeding krijgen.
- *Algen*. TNO heeft technologie ontworpen om algen te raffineren: VALORIE.<sup>26</sup> Daarnaast wordt ook binnen Wageningen UR gewerkt aan de teelt en raffinage van algen (AlgaeParc).
  - Afhankelijk van de soort en de manier waarop algen worden geteeld kunnen zij eiwitten, vetten, koolhydraten en andere hoogwaardige fracties (sterolen, phycobiliproteïnen, astaxanthine, omega-3- en omega-6-vetzuren) bevatten. Producten waarin algen kunnen worden toegepast zijn:

<sup>24</sup> Ingebracht door TNO

<sup>25</sup> De garnaal in breder perspectief, presentatie Jan van Ee, Greenlincs

<sup>26</sup> <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/industrie/sustainable-chemical-industry/biobased-economy/algen-voor-een-duurzame-toekomst/>

- o Voedsel (vleesvervangers, emulgatoren, verdikkingsmiddelen, stabilisatoren, oplosbaar vezels, plantaardige olie, nutritionele oliën, oppervlakte-actieve stoffen, cholesterolverlagende middelen, vitamine precursors, antioxidantia, schuimmiddelen).
- o Feed (voedzame soorten eiwitten, oplosbare vezels).
- o Pet-food (voedzame soorten eiwitten, emulgatoren, verdikkingsmiddelen, stabilisatoren, oplosbare vezels, plantaardige olie, nutritionele oliën).
- o Chemische producten (oppervlakte actieve stoffen, coatings, olie, stabilisatoren, hydrofobe eiwitten zoals latex vervanger, bio-plastics, weekmakers, oleoharsen).
- o Farmaceutische producten (crèmes, antifungale/antimicrobiële stoffen, therapeutische eiwitten)

Algen sluiten niet naadloos aan bij de sterktes en gewassen van het gebied en zijn daarom niet verder uitgewerkt.

#### Welke grondstoffen zijn nodig?

Het cluster bouwt op de grote gewassen die in Noord-Nederland (in tabel NN) en Weser-Ems (WE) worden verbouwd. Tabel 2 toont de hectares die momenteel voor gras, maïs, tarwe en biet in gebruik zijn, en hoeveel eiwit er op dit moment beschikbaar komt. Ook toont de tabel hoeveel extra eiwit beschikbaar kan komen als de opbrengst van het grasareaal wordt verhoogd en als de gewassen worden geraffineerd om de eiwit er uit te scheiden. De potentiële productie is ook weergegeven voor de rest van Nederland waaruit kan worden afgeleid dat Noord-Nederland met Weser-Ems tot een belangrijke eiwitschuur voor de nationale veehouderij kan uitgroeien. Tenslotte staat de extra omzet die gegenereerd kan worden in Nederland en Weser-Ems in de laatste twee kolommen. De onderbouwing van de extra omzet wordt verderop gegeven.

**Tabel 2: Huidige productie eiwit in Nederland**

	Huidig areaal		Huidige productie		Potentiële productie		Rest NL, huidige en potentiële productie		Omvang extra omzet	
	NN kha	WE kha	2014 NN Eiwit kton	2014 WE Eiwit kton	2030 NN Eiwit kton	2030 WE Eiwit kton	2014 rest NL Eiwit kton	2030 rest NL Eiwit kton	NN M€ extra	WE M€ extra
Gras <sup>*,**</sup>	320	300	520	480	1100	1100	1200	2500	830	830
Maïs	50	465	50	193	50	465	250	250		100
Tarwe	73	260	73	260	73	260	130	130		
Biet	25	3	0	0	25	3	0	50 <sup>***</sup>	20	2.5
Koolzaad	2	13	0	0	2	13			1.5	10
<b>Totaal</b>	<b>470</b>	<b>1030</b>	<b>600</b>	<b>930</b>	<b>1250</b>	<b>1820</b>	<b>1580</b>	<b>2930</b>	<b>900</b>	<b>992</b>

\* In de tabel wordt gerekend met de Grassa-technologie omdat deze het hoogste percentage eiwit oplevert (zie vorige paragraaf).

\*\* Pootgoed in Nederland levert ook nog eens 2-3 ton ds loof van 10 000 ha in Noord-Nederland.

\*\*\* Eiwit uit bietenloof.

## Infrastructuur en technologie

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Om dit cluster te realiseren is het noodzakelijk om te investeren in de bioraffinage-installaties. De afzet van het eiwit richting het veevoer zal relatief eenvoudig te realiseren zijn.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

De stand van de technologie uitgedrukt in TRL (zie bijlage 1 voor de uitleg over TRL) en het aantal jaren dat naar verwachting nog nodig is voor commercialisatie staan in Tabel 3.

**Tabel 3:** Stand van de technologie

	TRL	Jaar tot commercieel
ABC-Kroos	4/5	2/3
Grassa	7	1
HarvestaGG	6	1
Maisraffinage	5	3
Mimosa	4	3/5
TCE Gofour	6	2

## Omvang

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

De omvang van een enkele (eerste) fabriek of unit van de verschillende initiatieven is weergegeven in Figuur 2. Voor elk van de initiatieven wordt hieronder het ontwikkelperspectief kort geschetst.

### ABC-Kroos

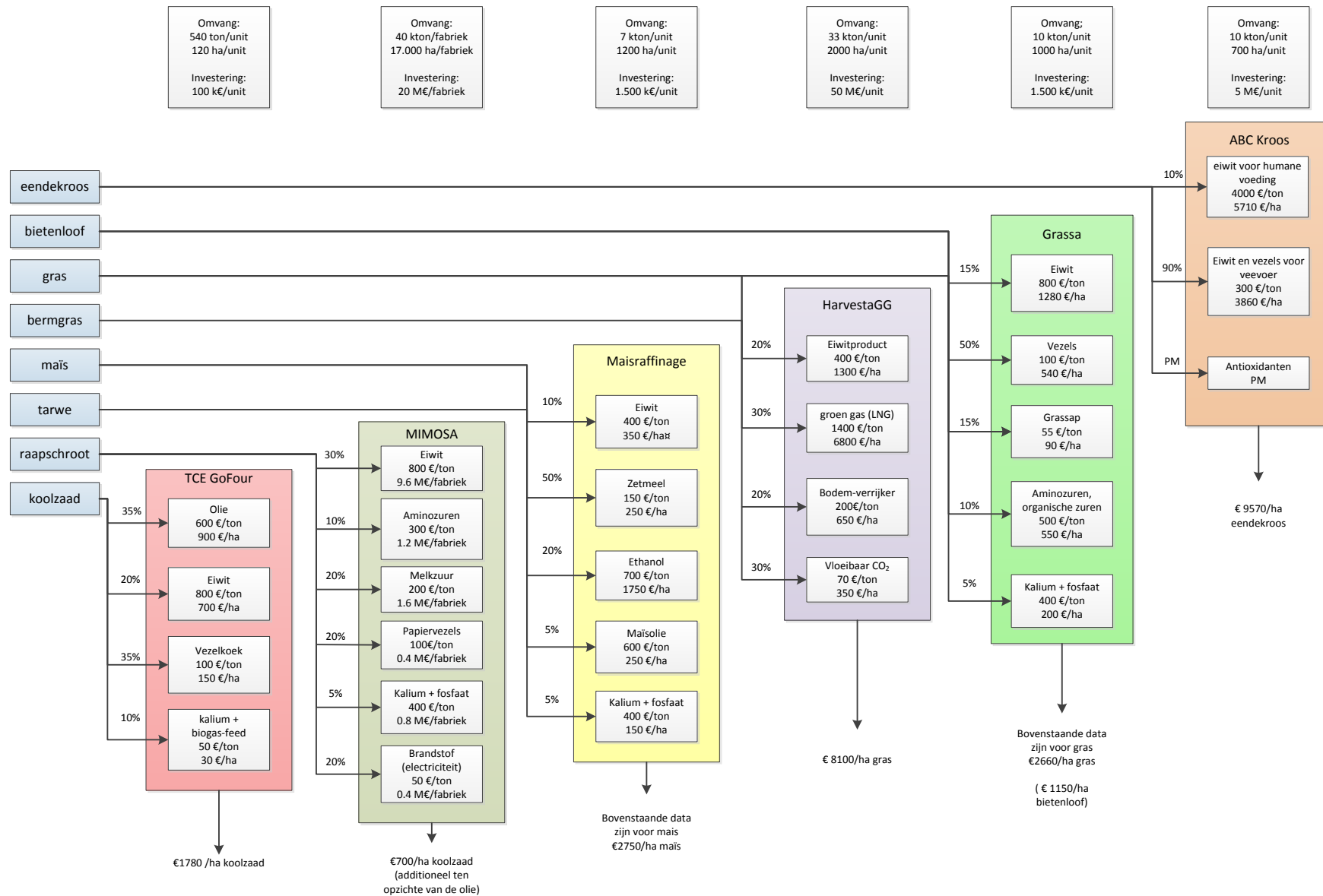
Eendenkroos kan in Nederland geteeld worden. De droge stof opbrengst per hectare ligt naar verwachting rond 30 ton/jaar. Er is in 2030 mogelijk ruimte voor circa 15.000 ha eendenkroos in Noord-Nederland en nog eens 10.000 ha in Weser-Ems gebied (beide in plaats van grasland). In totaal is er onder deze aannames ruimte voor 30 verwerkingsunits. De omzet per unit is circa 7 M€ per jaar. De investering per unit is circa 5 M€. Per unit is er voor 10 fte direct werk en een even groot aantal fte indirect werk, dus samen circa 20 fte. Voor de teelt van eendenkroos geldt dat deze ook op grond kan plaatsvinden die minder geschikt is voor de landbouw. In het Noord4Bio regio kunnen we dan denken aan bepaalde (drassige) veengebieden.

### Grassa

Voor de gras en bietenloof verwerking kan één verplaatsbare unit per ca. 500-1000 ha worden ingezet. (zie ook Figuur 2<sup>27</sup>.) Indien al het gras en bietenloof op deze manier zou worden verwerkt zouden ca. 600 van deze kleine units moeten worden ingezet, of een kleiner aantal grotere units die stationair (niet verplaatsbaar) zijn. Een combinatie van stationair en verplaatsbare units geeft waarschijnlijk de meest mogelijke flexibiliteit om oogst verschillen op te vangen.

De kosten van de grondstof zijn circa 100 € per ton droge stof. De omzet van een unit voor 1000 ha is circa 2.5 M€ omzet per jaar. De investering per unit is 1–1.5 M€. De investering is zeker in het begin per unit uit te voeren wat een bescheiden risico voor de investering geeft, maar ook de zekerstelling van voldoende grondstof en afzetmarkt. Per unit is er voor 2 fte direct werk en 2 fte indirect werk.

<sup>27</sup> Gerekend met 10,2 ton DS per hectare



**Figuur 2.** Overzicht van de concepten die in ontwikkeling zijn voor verschillende grondstoffen

### HarvestaGG

Voor de grasverwerkingstechnologie van HarvestaGG, wordt met één installatie een gebied van 2000 ha bediend<sup>28</sup> (zie ook figuur 2). Voor het drogen van de bodemverrijker kunnen houtsnippers worden ingezet, hiervoor is ook land nodig. Uitgaande van dezelfde hoeveelheid grasland als boven bij de Grassa case zou er plaats zijn voor circa 300 units. De investering per unit is circa 50 M€. De kosten van de grondstof zijn circa 100 € per ton. De omzet van een unit voor 2000 ha is circa 15 M€/ jaar. In deze installatie kan ook bermgras worden verwerkt. Dit levert geen veevoedereiwit op maar wel potentieel aminozuren t.b.v. diervoeding en chemische toepassingen. HarvestaGG zou ook van de overschotwarmte van AVEBE in industrie park Zuid-Groningen kunnen profiteren. Mogelijk is zelfs de WKK van 25 MW ook in de intercampagne daartoe in te zetten.

### Maisraffinage

Met de maisraffinage technologie (het splitsen van mais of tarwe in onder andere eiwit, zetmeel, ethanol) kan in principe alle maïs en tarwe (50.000 + 465.000 ha maïs en 73.000 + 260.000 ha tarwe in NN en WE) worden verwerkt. Per unit kan circa 1200 ha worden bediend. Een unit kan worden geschakeld aan een biogasinstallatie van ca. 1 MW. De restwarmte is dan goed in te zetten om alcohol te destilleren tot een concentratie van ca. 60%. Indien alle huidige en extra te telen maïs en tarwe zouden worden ingezet kunnen er aan de Nederlandse kant ca. 120 units worden geplaatst en aan de Duitse kant ca. 530 units. De investering bedraagt ca. 1.5M€ per unit. Per unit is de verwachte omzet 3.3 M€. Iedere unit kan met 3 fte arbeid worden gerund. De hoeveelheid geproduceerd eiwit maakte al onderdeel uit van de eigen productie maar kan door de bioraffinage op een hogere efficiëntie worden ingezet.

### MIMOSA

Met de Mimosa technologie kan lokaal geproduceerde oliegewas-perskoek zoals raapzaadkoek en geïmporteerde perskoeken van raapschroot, zonnebloemschroot of palm fruit bodies worden verwerkt.

Een fabriek van 40.000 ton raapschroot per jaar bedient een gebied van ca. 17.000 ha met de kanttekening dat deze fabriek naar verwachting deels op import zal draaien. Deze relatief kleine fabriek met investering rond de 20 M€ kan kosteneffectief worden bedreven. Natuurlijk kunnen ook veel grotere fabrieken worden opgestart indien voldoende grondstoffen beschikbaar zijn, bijv. vanuit extra import direct naar de Eemshaven of via de huidige kanalen (Rotterdam). Per (kleine) fabriek is de verwachte omzet circa 12 M€/ jaar. Een MIMOSA fabriek kan grondstoffen aanleveren aan de energiecentrale. Per fabriek levert dit circa 25 fte aan werkgelegenheid op.

### TCE GoFour

TCE Gofour uit Stadskanaal is een technologie aan het ontwikkelen om biodiesel te produceren in een container m.b.v. enzymtechnologie. Hierdoor wordt deze technologie op heel kleine schaal al lonend. De biodiesel kan benut worden voor eigen gebruik van de boer waardoor extra accijnsvoordelen te behalen zijn, maar kan natuurlijk ook ingezet worden voor het verder ontwikkelen van de biodieselm Markt. Bovendien kan de perskoek worden opgewaardeerd tot hoogwaardig eiwit voor varkens/pluimvee en de overblijvende stroom worden ingezet als rundvee voeder via bioraffinage. Per unit wordt 120 ha bediend. Bij het huidige areaal is er dan plaats voor

---

<sup>28</sup> Gerekend met 16 ton DS per hectare

circa 125 units. Een unit levert circa 215 k€ per jaar omzet. De investering per unit is circa 100 k€. Per unit is plaats voor 0.5 fte aan extra werkgelegenheid.

#### Grasraffinage in combinatie met de AVEBE fabriek

Een interessante business case doet zich voor door een deel van het decentrale Grassa concept te koppelen aan de bestaande installaties van AVEBE om eiwit te winnen in droge vorm en het grassap te concentreren. Immers de installatie om aardappeleiwit en Protamylasse te winnen staan stil van begin april tot begin augustus wanneer de aardappel campagne weer start. Met investering van nog geen 5 M€ kunnen mobiele grasontsluiting en persen plaats vinden, waardoor een Grassa-silage aangelegd kan worden met vezels en hoofdzakelijk bestendig eiwit terwijl het sap middels vrachtwagens naar een van de AVEBE fabrieken wordt getransporteerd waar totaal ca. 250 m<sup>3</sup> sap verwerkt kan worden, leidend tot 20.000-25.000 ton eiwit in de vier maanden gras campagne. Een mooie aanvulling op de huidige productie van ca. 40.000 ton aardappeleiwit voor diervoeder toepassingen. Producten en opbrengst zijn vergelijkbaar met Grassa (zie hierboven) terwijl de kosten aanzienlijk lager zijn. Deze case zou de gras verwerking goed op gang kunnen brengen zeker terwijl het tegelijkertijd de fosfaat en ammoniak overschotten reduceert. Dit is nodig om de extra productie van melk in Noord-Nederland mogelijk te maken. (zie hierboven onder "welke problemen worden nog meer opgelost")

#### Bietenbladraffinage door Proleaf

In samenwerking met TNO is een proces ontwikkeld voor de winning van RuBisCo eiwit uit plantaardige reststromen (in het bijzonder suikerbietenloof) gericht op verbetering van de huidige eiwitopbrengst en -zuiverheid, tegen acceptabele kosten en met behoud van functionaliteit van het RuBisCo eiwit.

Het te behalen gehalte aan winbaar eiwit uit bietenblad is 1 tot 2% op basis van nat blad. Dit is o.a. aangetoond in het project 'RuBisCo protein and PHA-production from sugar beet leaves', dat in 2011 in samenwerking met de partijen is uitgevoerd. Een proces voor de winning van het eiwit is ontwikkeld op lab-schaal en is doorontwikkeld en gedemonstreerd op pilotschaal. Op basis van de pilotschaal zijn richtlijnen voor een processchema opgeleverd dat door de partners wordt gehanteerd als basis voor het realiseren van een full-scale proceslijn (2015-2016). De basis en technische functionaliteit van het RuBisCo eiwit in verschillende applicaties, randvoorwaarde voor de procesmaatregelen, zijn hierbij tevens in kaart gebracht.

#### *Welk deel van de markt is te bedienen?*

Als de verschillende technologieën worden gecombineerd kan in totaal 1.5 Mton eiwit extra worden geproduceerd in Noord-Nederland en Weser-Ems samen, dat is 33% van de huidige import. Met verdere uitrol van de technologieën naar de rest van Nederland en Duitsland moet de import in principe gereduceerd kunnen worden tot 0.

#### *Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Zie hierboven, de uitrol van de technologie kan precies worden aangepast op de beschikbare grondstoffen dankzij de kleine schaal van de bioraffinagefabrieken.

## Bedreigingen

### *Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

Het produceren van meer eiwit uit maïs is mede afhankelijk van de boeren. Maïs dat nu in Duitsland direct de vergister ingaat zal eerst geraffineerd moeten worden. Dit betekent dat er grondstoffen onttrokken worden aan de biovergister en dat deze aangevuld moeten worden met bij voorkeur laagwaardige reststromen uit de buurt, zoals bermgras en natuurgras. Hoewel deze grondstoffen wat lastiger te vergisten zijn is er relatief goedkope technologie in ontwikkeling om dit op te lossen.

### *Regelgeving?*

De toepassing van het eiwit in veevoer levert naar verwachting geen problemen op, hoewel dit wel afhankelijk kan zijn van het toegepaste bioraffinageconcept. Voor voeding zal zeker meer onderbouwing nodig zijn ten behoeve van de Europese voedselwetgeving. De inpasbaarheid op het platteland van de verschillende bioraffinage installaties kan problemen opleveren met de plaatselijke bevolking. Mogelijk kan afhankelijk van de grootte en de inpasbaarheid op het platteland juist uitgeweken worden naar een industrieterrein. Hier hebben de verplaatsbare installaties wellicht een voordeel. Specifiek voor eendenkroos is mogelijk ook nog de waterwet van belang. Het is van belang hier regionaal een positie in te bepalen waardoor de vestiging van startende bioraffinage-ondernemers door overheden eerder gestimuleerd dan afgeremd wordt.

### *Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Dit cluster hangt deels af van een aantal innovatieve ondernemers die graag hun pilots willen opschalen naar productiegrootte. Een probleem zit in het op gang brengen van de keten, "iedereen zit op elkaar te wachten", een bedrijf als Friesland Campina zou een enorm voordeel kunnen putten uit de gepresenteerde concepten, maar de veevoer bedrijven moeten wel de nieuwe grondstoffen willen inkopen. Ontzuiling is hierbij cruciaal.

### *Welke overige bedreigingen/risico's?*

De kwaliteitszorg voor regionale voederverzorging is cruciaal. Het heeft aandacht nodig om de kwaliteit op de kleine schaal te waarborgen.

### *Is het cluster maatschappelijk acceptabel?*

Ja, het lost een aantal problemen op.



## Werkgelegenheid en duurzaamheid

*Hoeveel werkgelegenheid levert het cluster potentieel?*

Dit is hierboven uitgewerkt, hieronder een overzicht van het totaal:

**Tabel 4.** Overzicht van ingeschatte waarden voor de criteria binnen de eiwitcluster.

	<b>Investering M€</b>	<b>Omzet M€/jaar</b>	<b>Werkgelegenheid fte direct</b>	<b>CO<sub>2</sub> reductie Ton/ha.jaar</b>	<b>CO<sub>2</sub> reductie Mton/jaar</b>	<b># units</b>
Grassa	1660	750	1200-2400	21	15	600- 1200
Eendenkroos	100	140	200	57	0,9	20
HarvestaGG	1500	500	1100	7	0.5	35
Mais/tarwe	2000	1000	2000	12	7.8	650
Koolzaadboerderij	50	108	250	8	0.5	500
MIMOSA	400	260	250	9	3	3-10

*NB: een aantal cases maken gebruik van dezelfde landbouwgrond, zodat bovenstaande getallen (fte, CO<sub>2</sub>) niet bij elkaar mogen worden opgeteld. De werkgelegenheid voor de teelt zit niet in deze cijfers. Voor grasland wordt dit geschat op 6 fte/1000 ha; voor bietenteelt: 10 fte/1000 ha; voor maisteelt 3 fte/ 1000 ha; voor koolzaad 3 fte/1000 ha (KWIN AGV 2008); Voor Eendekroos is aangenomen dat de werkgelegenheid geïntegreerd is opgenomen in bovenstaande tabel. Voor Eendekroos zijn geen zijn data voor CO<sub>2</sub> besparing ingeschat op basis van eiwitproductie.*

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale cluster maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

Zie boven, een schatting gemaakt aan de hand van verschuiving in landgebruik door vrijgemaakt land in Brazilië.

*Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Clusters 8 alternatieven voor vezels en cluster 9 (energie).

## Investering

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

Zie boven.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

De meeste van deze technologieën zijn op kleine schaal rendabel, er kunnen dus veel kleine (eventueel verplaatsbare) bioraffinage-plants worden neergezet, bij voorkeur dicht bij de boerderij. Steeds wordt bij de kleine-schaalprocessen gedacht aan eenheden die de oogst van ca. 500 tot 2000 ha bouwland verwerken. Daardoor zal de retourstroom van mineralen en koolstof die nodig is voor de bodemvruchtbaarheid zonder veel (energie)kosten kunnen worden verkregen. Het MIMOSA proces verwerkt schroot van de biodieselproductie van veel grotere arealen en in veel grotere verwerkingsunits. Deze arealen liggen hoofdzakelijk buiten het N4B gebied, bijv. in de rest van Duitsland, Polen of elders. Voor deze grondstof wordt geprofiteerd van de zeehaven. Denkbaar is dat de biodieselfabriek in de Eemshaven wordt herstart en uitgebreid, waardoor een deel van de schroot van dichtbij betrokken kan worden.

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in het cluster en hoe?*

Grassa, HarvestaGG, ABCKroos, TCEGofour, Byosis, Eco Fuels (mogelijk in geval van herstart), Agrifirm, ForFarmers-Hendrix, FrieslandCampina, Fonterra, Arla en aan Duitse kant: Rothkötter Mischfutterwerk GmbH; Bröring GmbH & Co.kg, H.; Deutsche Vilomix Tierernährung GmbH; Wulfa-Mast GmbH; ForFarmers Bela GmbH; Fleming + Wendeln GmbH & Co. KG; GS Agri eG; Wulfa-Mast GmbH; AGRAVIS Raiffeisen AG; Mega Tierernährung GmbH

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe en door wie?*

Zie boven.

## **Met welke andere clusters zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Sowieso de complementaire stromen (8 en 9) maar ook nog leuke aansluiting bij het bioraffinage fermentatie/chemie-cluster.

## **Welke zwakte kan een struikelblok zijn**

Ondernemerschap, risicobereidheid en organiserend vermogen, beschikbaarheid van financieringsprobleem.

## Cluster 4: Amino-zuren als grondstof voor de productie van commodity chemicaliën

### Korte omschrijving

Amino-zuren, de bouwstenen van eiwitten, behoren tot een groep van verbindingen die nu in voeding en diervoeding worden toegepast, maar die op langere termijn ook ingezet kunnen worden als grondstof voor de productie van een groot aantal stikstofhoudende chemicaliën die nu via petrochemische routes worden geproduceerd.

Amino-zuren zijn als grondstof voor chemicaliën interessant omdat zij, in tegenstelling tot de huidige petrochemische grondstoffen, reeds voorzien zijn van verschillende nuttige stikstof- dan wel zuurstofhoudende 'functionaliteit'. Hierdoor worden energie-intensieve processen gericht op de inbouw van dergelijke functionaliteit, zoals die in de petrochemie bestaan, overbodig, en kan met deze grondstoffen op energie-input, maar zeker ook op kapitaalkosten worden bespaard. Omdat bij de juiste processtappen (gericht op het *verwijderen* van functionaliteit) veel minder kapitaal nodig is, kunnen in de toekomst bulkchemicaliën op relatief kleine schaal worden geproduceerd, en waarbij het niet nodig is de beschikking te hebben over de huidige basischemicaliën zoals ethyleen, propyleen, benzeen, xyleen, etc.. De markt is dus in principe heel groot en wereldwijd, maar natuurlijk ook aanwezig in de regio. Door de verschillende markten voor amino-zuren stapsgewijs te ontwikkelen en de schaal stapsgewijs te vergroten, beginnend met een kleine scheidingsfabriek voor amino-zuren t.b.v. voeding, vervolgens een grotere scheidingsfabriek t.b.v. diervoeding, en tot slot voor één of meer amino-zuren elk een aparte fabriek voor chemicaliën, blijven de risico's en investeringen beperkt en kan vanaf het begin winst worden gemaakt en werkgelegenheid worden gecreëerd. Naar schatting kan met de juiste grondstoffen een fabriek voor de omzetting van een amino-zuur naar een chemische bouwsteen van ca. 10 kton /jaar capaciteit en een investering van minder dan € 20 miljoen al competitief zijn met de huidige petrochemische processen in Rotterdam. In deze casestudie wordt een aantal voorbeelden, zeker niet limitatief, uitgewerkt.

### *Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Voor deze casestudie is een 10-tal chemicaliën geselecteerd die uit zeven verschillende amino-zuren te maken zijn. De selectie is gebaseerd op hun relevantie voor Noord-Nederland, en op het feit dat Wageningen UR op lab-schaal al enige expertise heeft opgebouwd m.b.t. de productie van deze chemicaliën uit amino-zuren. Enkele marktgegevens en andere informatie over de chemicaliën staan weergegeven in Tabel 1.

Voor verschillende amino-zuren (bijvoorbeeld glutamaat als smaakversterker in voeding, en methionine, lysine, threonine, en tryptofaan in diervoeding) bestaat op dit moment al een markt. De huidige commerciële productie vindt plaats door aerobe fermentatie. Dit proces kent relatief hoge kapitaalkosten en de opwerking en zuivering van het amino-zuur is vrij duur, en voor ieder amino-zuur specifiek. Naar verwachting kunnen op termijn (10 jaar) amino-zuren goedkoper geproduceerd worden. Dat kan op twee manieren:

1. Door eiwit- en/of amino-zuurhoudende agro-residuen te gebruiken en de scheiding en de zuivering van een combinatie van amino-zuren in één proces tegelijkertijd uit te voeren;
2. Door afzonderlijke amino-zuren te produceren uit suikers middels anaerobe fermentatie. De fermentoren hiervoor zijn goedkoper (geen beluchtingskosten, en minder energie nodig voor

menging) dan die voor aerobe fermentatie. Bovendien liggen de theoretische opbrengsten hoger dan voor aerobe fermentatie.

Als de productiekosten van aminozuren voldoende verlaagd kunnen worden, dan komt naast de bestaande hoogwaardiger toepassing in (dier)voeding ook de toepassing als grondstof voor stikstofhoudende chemicaliën in beeld.

**Tabel 1.** Wereldwijde marktvolumes en toepassingen van een tiental stikstofhoudende bulkchemicaliën toegankelijk vanuit aminozuren.

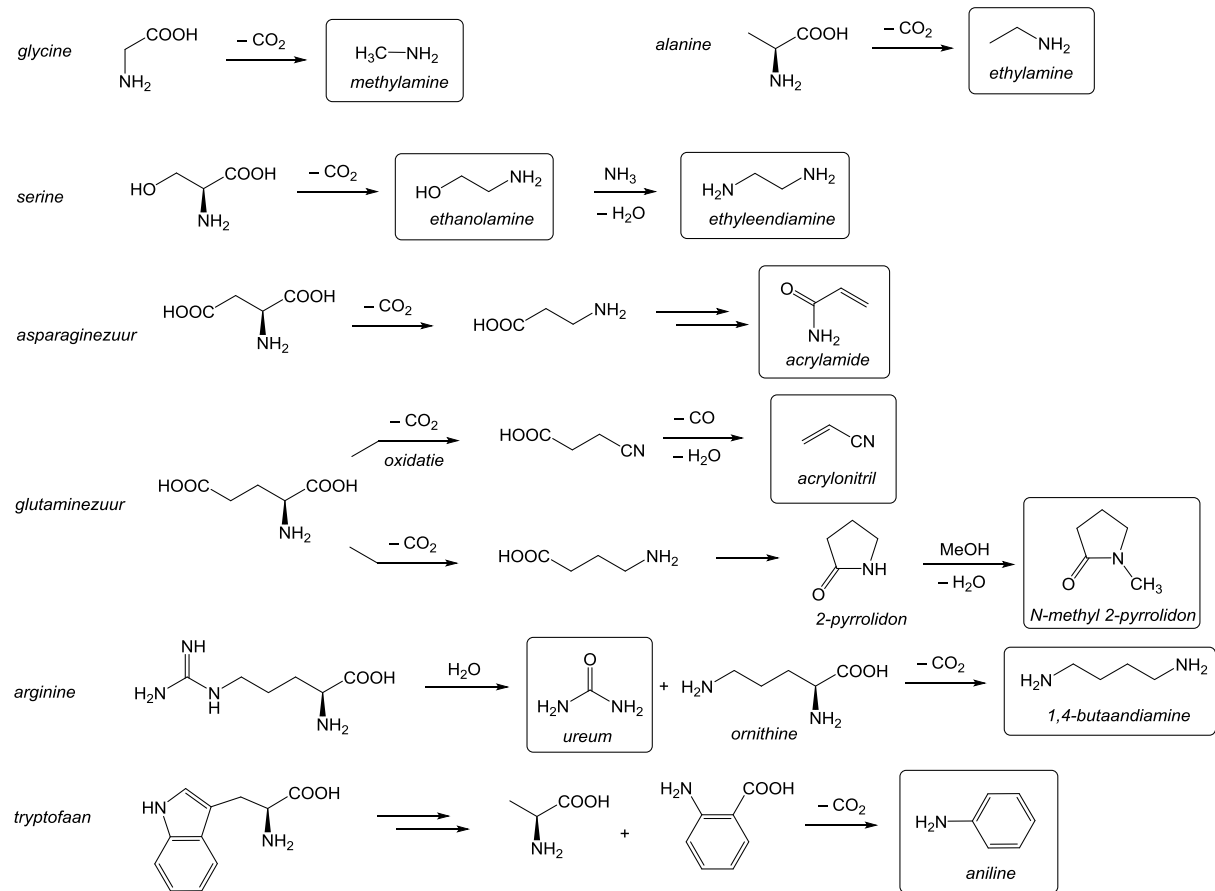
Product	Volume (WW)	Toepassing	Grondstof	Relevante partij in NN
Ethyleendiamine	400 kton (incl. oligomeren)	complexanten TAED (tetraacetylethyleendiamine) en EDTA (ethyleendiamine tetraazijnzuur) en fungicides	serine	Delamine
Methylamine	> 1 Mton	explosieven, pesticiden, farmaceutische stoffen, oplosmiddelen	glycine	Delamine <sup>29</sup>
Ethylamine	< 100 kton	base, herbicide-precursor	alanine	Delamine
Ethanolamine		ethyleenamines, detergentia en vloeistoffen voor metaalbewerking	serine	Delamine
Aniline	ca. 5 Mton	MDI voor polyurethanen, <i>p</i> -fenylenediamine voor Twaron-vezel	tryptofaan	Teijin
N-methyl pyrrolidon	> 100 kton	oplosmiddel voor plastics (o.a. Twaron) en coatings	glutamaat	Teijin
1,4-Butaandiamine		polyamide-4,6	arginine	DSM <sup>30</sup>
Ureum	>10 Mton	kunstmest, formaldehydesharsen	arginine	ChemCom
Acrylonitril	4,5 Mton	plastics (polyacrylonitril, ABS)	glutamaat	DSM <sup>30</sup>
Acrylamide	ca. 1,5 Mton	polyacrylamide (verdikkingsmiddel) voor afvalwaterzuivering	aspartaat	–

De tien geselecteerde chemicaliën zijn in principe te produceren vanuit gangbare aminozuren. In enkele gevallen is dat op laboratoriumschaal ook aangetoond. De productieroutes betreffen in veel gevallen combinaties van enzymatische processen (zoals  $\alpha$ -decarboxylering ofwel CO<sub>2</sub>-afsplitsing) en chemo-katalytische stappen. Een schematisch overzicht van de routes naar de tien producten is weergegeven in Figuur 1.

Synthese van deze chemicaliën behoeft relatief weinig kapitaal en is daardoor weinig afhankelijk van schaalgrootte. Fabrieken van 10–20 kton op jaarbasis zouden concurrerend met de huidige petrochemische processen kunnen opereren.

<sup>29</sup> AkzoNobel had een methylamines/cholinechloride-fabriek in Delfzijl, die in 2006 is ontmanteld.

<sup>30</sup> In Geleen.



**Figuur 1.** Productie van een tiental stikstofhoudende commodity-chemicaliën uit aminozuren.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt het cluster in?*

Het cluster heeft voordeel van de aanwezigheid van *protamylase* van AVEBE en van Emsland Staerke, en van mogelijke aanvoer van (droog) maïsweekwater. Bovendien zullen er meer aminozuurhoudende reststromen beschikbaar komen zodra grasverwerking en raapschrootverwerking (bijvoorbeeld via MIMOSA-proces) (cluster 3) op gang komen. Hoewel geen voedingssupplementen in het gebied worden gemaakt/verhandeld zijn er voor de volgende ontwikkelingsfase, waar de volumes groter zijn, wel *veel eenmagige dieren* in het gebied. Direct voeren van aminozuren i.p.v. toediening van minder zuivere voederstromen heeft als voordeel dat er minder mineralen in de mest komen, dus minder overlast en kosten. Voor de derde fase zijn *chemieclusters Delfzijl en mogelijk Emmen* interessante vragende thuismarkten. Zodra deze voorzien zijn kunnen de *zeehavens* worden benut om de chemische bouwstenen die geproduceerd worden te verschepen naar andere afzetmarkten.

*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

Energie-efficiency/ klimaat/ voedslefficiëntieverhoging/ reductie mestoverschot in NL en WE.

### *Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Dit cluster richt zich met name op het winnen van aminozuren uit eiwit- en aminozuurhoudende agro-residuen. De andere route voor de productie van aminozuren, door anaerobe fermentatie van suikers, hangt sterk samen met het koolhydraat-/fermentatiecluster (cluster 1), en wordt hier slechts heel summier uitgewerkt.

Op of naast het fabrieksterrein van AVEBE kan door een consortium een scheidingsfabriek van aminozuren worden gebouwd. Dit consortium bestaat uit afnemers van aminozuren t.b.v. voeding, diervoeding en chemie.

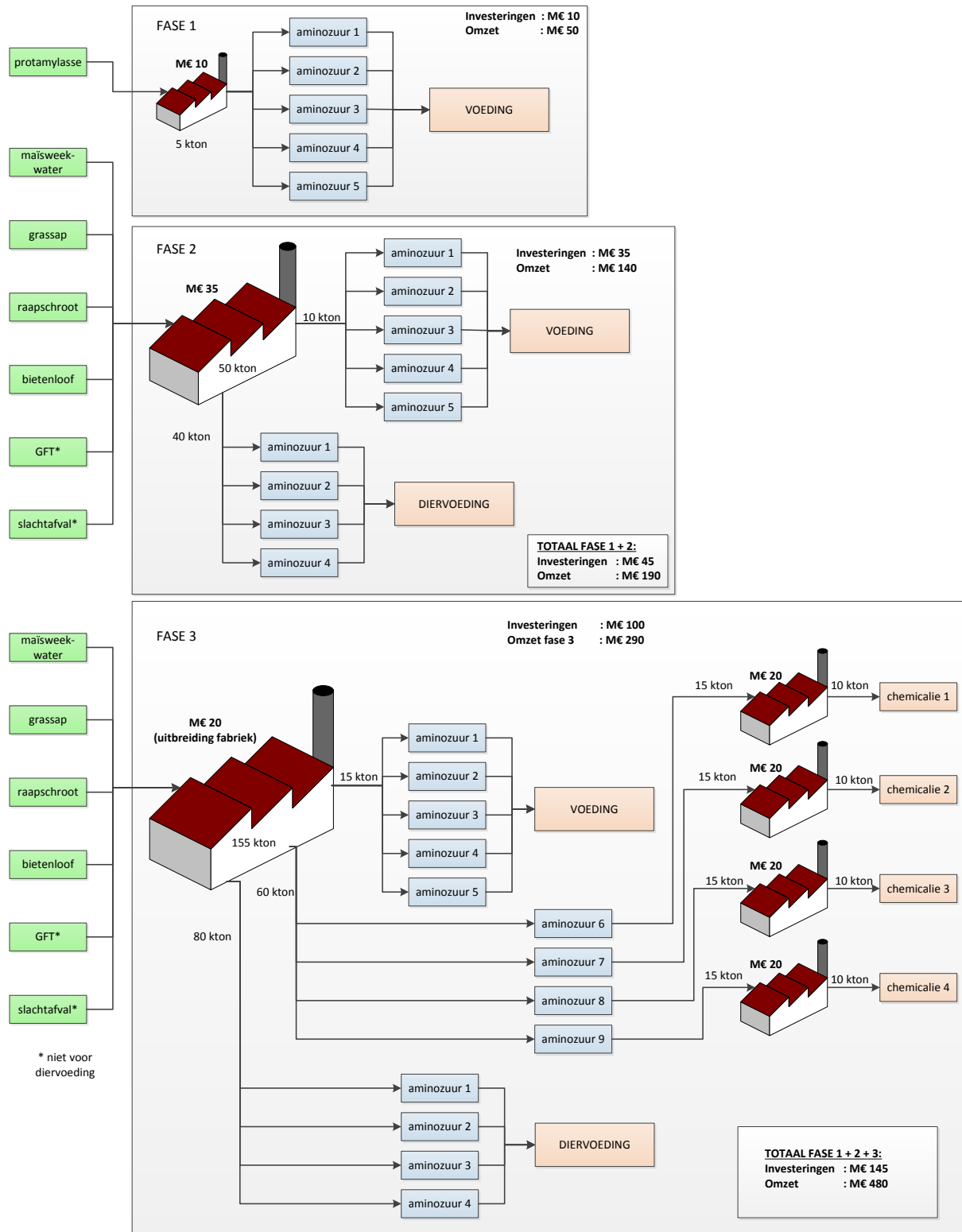
De keten kan in drie fases worden opgebouwd:

Fase 1: voeding. (2020) Een eerste fabriek richt zich op productie van vijf of zes aminozuren (ca. 5 kton aminozuren in totaal) uit verschillende grondstoffen, voor toepassing in voeding. Gemiddeld ligt de waarde voor deze markt rond de 10.000 €/ton. Aminozuren voor voedingssupplementen kunnen worden verhandeld via handelshuizen in Nederland en daarbuiten. De markt is ca. 300 kton op jaarbasis.

Fase 2: diervoeding. (2024) Zodra de voedingsmarkt is opgebouwd kan een grotere scheidingsfabriek worden opgestart voor toepassing in de diervoeders (waarde 1200-4000 €/ton). Een aantal aminozuren (nu vier, maar later meer) kan worden verhandeld via de mengvoederindustrie. Agrifirm en ForFarmers Hendrix zijn de grootste in Nederland. In Duitsland is Lohmann actief.

Fase 3: chemicaliën. (2028) Als Fase 2 goed is doorlopen zal er voldoende grondstof komen voor ca. vier van de tien beoogde chemische producten, ieder op een schaal van ca. 10 kton/jaar eindproduct. Omdat er sprake zal zijn van omzettingsverliezen is gerekend met 15 kton input per aminozuur en 10 kton output aan chemisch product. De commodity-chemicaliën hebben een waarde tussen 1000-1500 €/ton. De stikstofhoudende chemicaliën vinden hun weg naar bedrijven in Delfzijl (bijvoorbeeld ethyleendiamine voor Delamine; aniline en NMP voor Teijin; ureum voor ChemCom) Emmen en verder (bijvoorbeeld biobased 1,4-diaminobutaan voor DSM), maar kunnen ook via de haven naar het buitenland worden geëxporteerd.

Een schematisch overzicht van de te doorlopen fasen van ontwikkeling is weergegeven in Figuur 2. In de figuur staat vermeld wat de investering per fase zal zijn, wat de totale omzet in M€ zal bedragen en het aantal ktonnen product dat er totaal na de verwezenlijking van de fase zal worden geproduceerd. Meer informatie over de in Figuur 2 vermelde grondstoffen, investeringen en omzet is in de volgende secties te vinden.



**Figuur 2.** Ontwikkeling in drie fasen voor aminozuren naar voeding, diervoeding en chemie.

Voor anaerobe fermentatie van suikers naar individuele aminozuren ziet de opbouw van de keten er anders uit. In een eerste fase (Fase A) zou bijvoorbeeld een eerste aminozuur kunnen worden geproduceerd, waarvan de helft naar voeding of diervoeding gaat, en de andere helft naar een fabriek voor chemicaliënproductie. Voor de ontwikkeling van een dergelijke technologie is het belangrijk om te richten op grotere schaal omdat het construeren van een productie-organisme een grote investering (ca. 5 M€) betekent en wanneer deze eenmaal beschikbaar is, er ook meteen een groot deel van het kostenvoordeel zal zijn. In een tweede fase (Fase B) kan de productie van aminozuur 1 worden opgeschaald, en kan een groot deel naar (dier)voeding, en een deel naar de chemie. Tegelijkertijd kan worden geïnvesteerd in opstarten van productie van een tweede aminozuur voor (dier)voeding en chemie, et cetera, tot er vier verschillende aminozuren voor vier verschillende chemicaliën worden geproduceerd, net als het scenario vanuit agro-residuen. Beide vormen van aminozuurproductie kunnen ook naast elkaar plaatsvinden, dus zowel de scheiding vanuit reststromen alsook de fermentatieve productie uit suikers. Een schematische weergave staat in Figuur 3.

#### *Welke grondstoffen zijn nodig?*

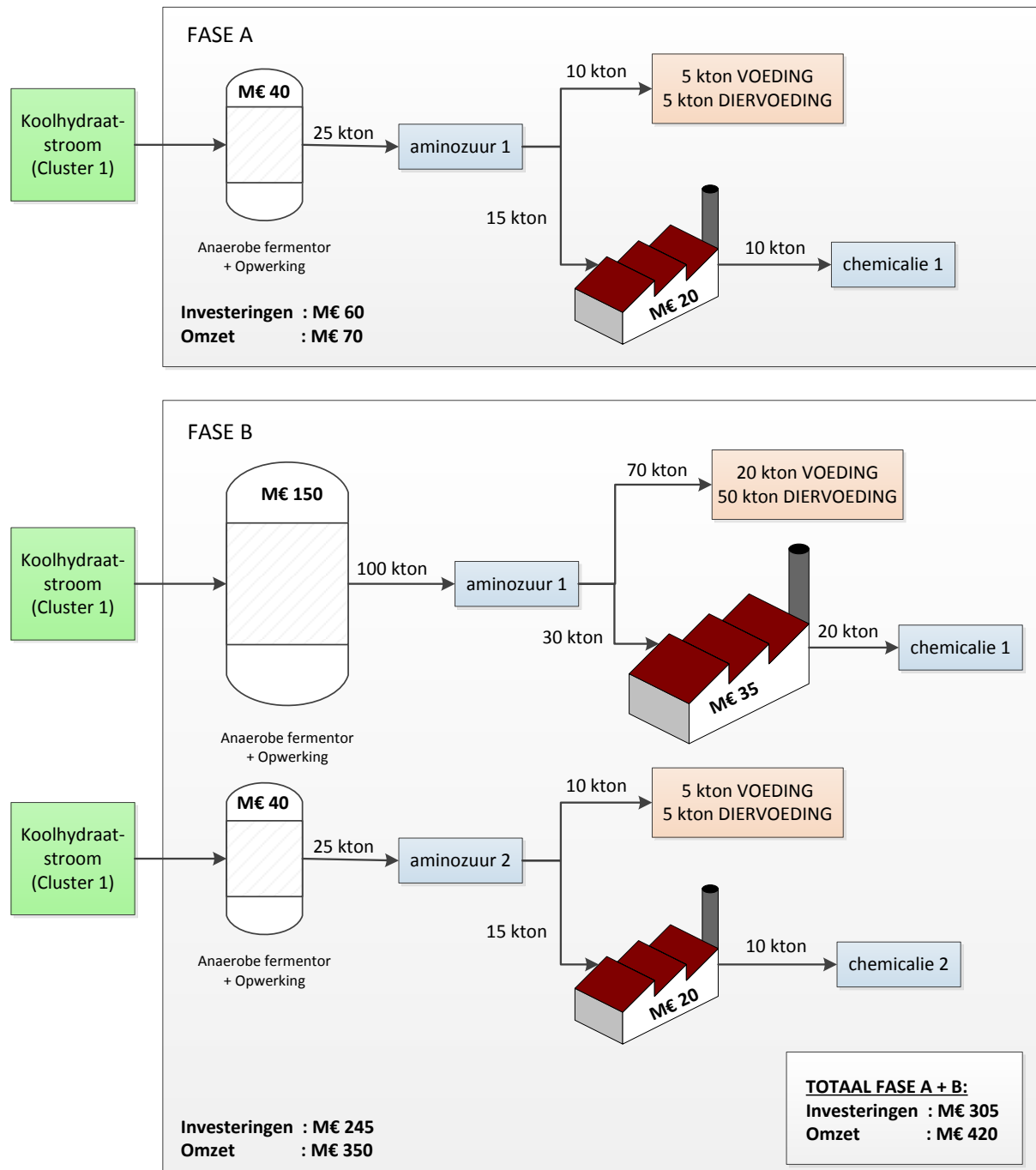
Voor de productie van de verschillende chemicaliën zijn doorgaans ook verschillende aminozuren nodig. Deze komen voor in verschillende primaire grondstoffen en reststromen:

- Ca. 200 kton/jaar protamylasse (geconcentreerd aardappelvruchtwater) van AVEBE en Emsland Staerke (WE). Dit betekent ca. 30 kton aminozuren per jaar (met 20 aminozuren dus gemiddeld 1500 ton per aminozuur). Dat is al voldoende voor Fase 1 (zie boven).
- Een vergelijkbare stroom is mogelijk vanuit de grasverwerking (zie eiwitplatform, cluster 3). Indien de helft van de totaal voorziene 5 Mton gras wordt gebioraffineerd, dan komt ca. 250 kton/jaar aminozurenconcentraat (10% van 2,5 Mton gras) beschikbaar hetgeen ca. 12 kton per aminozuur extra is bovenop de protamylasse-aminozuren. Deze hoeveelheid is nodig en voldoende voor fase II. Waarschijnlijk moet er voor fase III naar extra aminozuurbronnen worden gezocht (zie hieronder) om met name de diervoeder aminozuren voldoende te kunnen produceren.
- Maïsweekwater-concentraten met ca. 50% droge stof worden toegepast in fermentatie en diervoeder, en komen op heel grote schaal beschikbaar bij de productie van maïszetmeel. Ca. 5% van de droge stof is in de vorm van vrije aminozuren. Door procesoptimalisatie is dit aandeel te verhogen tot 10 %.

Mogelijke andere grondstoffen die op termijn (wanneer de technologie is geïnstalleerd) verwerkt zouden kunnen worden - en momenteel deels naar biogas gaan - kunnen komen van: *GFT* (bijv. Attero Wijster), *Slachtafval* (Burgum), *Raapschroot* via bijvoorbeeld het MIMOSA proces (cluster 3), *Bietenloof*.

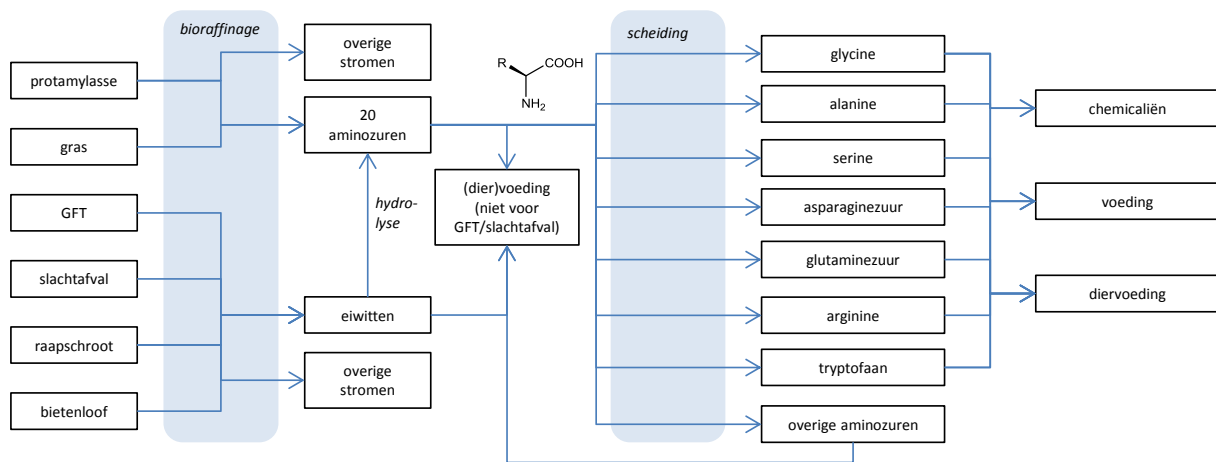
Bij de vier laatste grondstoffen moet het eiwit eerst gehydrolyseerd worden tot losse aminozuren. De van GFT en slachtafval afgeleide aminozuren zullen wel in de chemie mogen maar niet in diervoeding.





**Figuur 3.** Ontwikkeling van een anaerobe-fermentatiecluster voor aminozuren naar (dier)voeding en chemie.

Het geheel kan er als volgt uit zien:



**Figuur 4:** Schematische weergave productie aminozuren voor chemicaliën, voeding en diervoeding

Voor de productie van specifieke aminozuren via de tweede route, dus middels (anaerobe) fermentatie is fermenteerbare suiker nodig zoals deze binnen cluster 1 geproduceerd kan worden.

### Infrastructuur en technologie

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Als eiwit- of aminozuur houdende agro-residuen worden ingezet als grondstof dan zijn er in principe drie technologieën nodig voor de omzetting van aminozuren naar chemicaliën:

1. Isolatie van eiwitten uit biomassastromen en hydrolyse tot een mengsel van aminozuren;
2. Scheiding van individuele aminozuren, en
3. Omzetting van de aminozuren in bulkchemicaliën.

De infrastructuur voor de toepassing in diervoeding en als voedingssupplement is in de markt volop aanwezig. Verder is de infrastructuur nog niet opgebouwd. Er is een fabriek nodig waarin de scheiding van aminozuren wordt uitgevoerd en waarin eventueel ook de hieraan voorafgaande hydrolyse van de eiwitten kan plaatsvinden. Vervolgens is voor de productie van elk van de chemicaliën uit aminozuren een aparte toegewijde fabriek nodig. In de sectie 'Investerings' is dit verder uitgewerkt.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

Technologie 1 (zie boven), die vereist is voor eiwithoudende reststromen, is beschikbaar maar op dit moment nog onvoldoende duurzaam of nog te duur. Dit probleem is te omzeilen doordat in protamylase, maïsweekwater en (op enige termijn) in grassap-concentraat, losse aminozuren aanwezig zijn, en technologie 1 daarvoor niet nodig is. Deze stromen vormen daarom een goed startpunt voor verdere ontwikkeling van technologieën 2 en 3. Technologie 1 kan later worden voorgeschakeld. Technologieën 2 en 3 zijn in het laboratorium beproefd en moeten nog een optimalisatie- en opschalingstraject in. Toch wordt verwacht dat door gebruik te maken van

processtappen die ook voor andere producten worden ontwikkeld een proeffabriek over 5 jaar kan worden opgestart, en commerciële productie van chemicaliën over ca. 10 jaar.

Met bovengenoemde bestaande aminozuurhoudende stromen wil een MKB-bedrijf (Sanovations<sup>31</sup>) de technologie opbouwen in hoogwaardiger voedingsmarkten. Zodra de technologie beschikbaar is kunnen grotere volumes worden verwerkt t.b.v. de chemie.

Wat betreft de productie van aminozuren via fermentatie uit suikers is de huidige stand dat de meeste aminozuren middels fermentatie gemaakt kunnen worden. Echter, de traditionele fermentatietechnologie vindt plaats met behulp van suikers en zuurstof uit de lucht (aerob). Dergelijke fermentaties zijn relatief kostbaar. Anaerobe (zonder zuurstof) fermentaties hebben de potentie tegen aanzienlijk lagere kostprijs te kunnen produceren. Echter, voor elke productie zal een specifiek micro-organisme moeten worden ontwikkeld, hetgeen al gauw een traject is van een flink aantal jaren (ca. 3-4) en een flinke investering (5 M€). (zie tabel 2).

**Tabel 2:** Stand van de benodigde technologie

Technologie	TRL	Jaren tot commercieel
Aminozuurscheiding	3	5
Anaerobe fermentatie	2	10
Chemische omzettingen	3/4	5

## Omvang

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Marktvolumes wereldwijd staan vermeld in Tabel 1. Schattingen van de huidige productiecapaciteit dan wel gebruik van enkele amines in Delfzijl zijn als volgt:

- Ethyleendiamines (inclusief oligomeren als DETA, TETA, etc.) door Delamine: 40 kton
- Aniline, gebruikt door Teijin voor de productie van PPTA voor Twaron-vezel: 15-20 kton
- N-methylpyrrolidon (NMP), gebruikt als oplosmiddel voor Twaron-productie: 1 ton<sup>32</sup>
- Ureum, gebruikt door ChemCom voor ureum-formaldehydarsen: 60 kton

Tot 2006 had AkzoNobel in Delfzijl een fabriek voor de productie van methylamines en cholinechloride, maar die is inmiddels ontmanteld. Doordat methyl- en ook ethylamine gassen zijn en daardoor mogelijk makkelijk uit aminozuromzettingen te winnen, ligt hier een kans om de productie van beide amines opnieuw op te pakken.

Voor Emmen zijn de schattingen van (potentieel) gebruik: 1,4-butaandiamine, gebruikt door DSM in polyamide-4,10 (EcoPaXX) en op termijn voor andere te ontwikkelen producten en bijvoorbeeld PA-4,6 (Stanyl) in Geleen: tonnage onbekend.

Gezien bovenstaande volumes van enkele tientallen kilotonnen lijkt de eerder voorgestelde schaalgrootte van 10-20 kton per jaar voor een fabriek waar een enkel N-functioneel product wordt gemaakt een realistische omvang voor afname in de regio.

<sup>31</sup> *Initiatief van onder andere Johan Sanders*

<sup>32</sup> : *De meeste NMP wordt teruggewonnen/gerecycled. Het emissiecijfer is circa 1 ton per jaar. Met dezelfde technologie zou ook N-ethyl pyrrolidon kunnen worden geproduceerd, dat minder giftig is dan NMP.*

Middels fermentatie geproduceerde aminozuren hebben als voordeel dat in principe elk volume geproduceerd kan worden mits de kostprijs competitief is. Anaerobe fermentatie sluit prima aan bij Cluster 1 waar wordt voorgesteld verschillende producten middels fermentatie te produceren.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

Voor de meeste producten zit een potentieel marktaandeel onder de 10% van de wereldwijde markt.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Als doelstelling is gekozen voor de productie van vier chemicaliën uit vier verschillende aminozuren. Voor elk van deze chemicaliën is een aparte fabriek nodig, met een schaalgrootte van minstens 15 kton aminozuur per fabriek per jaar. Voor de vier aminozuren samen is dat dus 60 kton. Voordat de fabrieken kunnen starten is een ontwikkelingstraject nodig dat kan worden opgesplitst in drie fasen (zie boven). Fase 1 richt zich op kleinschalige scheiding van enkele aminozuren (ca. 5 kton in totaal) voor toepassing in voeding. Hiervoor zijn er voldoende grondstoffen in de regio. (gemiddeld ca. 1.5 kton per aminozuur uit protamylase).

Voor fase 2 (t.b.v. diervoeding, zie boven) wordt ca. 40 kton aminozuur verwerkt. Gesteld dat dit uit vier aminozuren komt, dan is een bron van ca. 200 kton aminozuren nodig (bestaande uit alle 20 aminozuren). De Protamylase is hiervoor niet meer voldoende en een combinatie van extra grondstoffen moet worden ingezet:

1. Grassap, bietenloof, maïsweekwater. Deze stromen bevatten net als protamylase vrije aminozuren. Zodra de grasverwerking op gang komt groeit het aanbod van vrije aminozuren. Per 10.000 ha grasverwerking (ca. 10 ton ds per ha) komt ca. 10 kton aminozuren (10% van 100 kton gras) beschikbaar. Voor fase 2 (2024) zal een kleine 200.000 ha aan gras verwerkt moeten worden of moeten de aminozuren uit andere bron verkregen worden. Voor fase 3 zal voor de chemie uit dezelfde bron getapt kunnen worden, maar bij voorkeur wordt hier gebruik gemaakt van de niet-essentiële aminozuren. Maïsweekwater bevat per 100 kton droge stof ca. 5 kton aan vrije aminozuren. Om 200 kton aminozuren te verkrijgen zou wel 4 Mton gedroogde maïsweekwaterpellets moeten worden geëxtraheerd hetgeen niet direct een aantrekkelijke route lijkt.

2. Raapschroot. Zodra een MIMOSA-proces wordt opgestart zullen er fracties vrije aminozuren beschikbaar komen tegen een lage prijs, omdat deze niet goed geschikt zijn als diervoeder. Bij de in cluster 3 vermelde productie capaciteiten van tweemaal 500 000 ton raapschroot, zal ca. 50 kton vrije aminozuren vrijkomen. Deze grootschalige verwerking zal rond 2024 zijn beslag kunnen krijgen indien voldoende commerciële attractiviteit bestaat.

3. Overige bronnen. Het gebruik van eiwit uit GFT/slachtafval als bron voor aminozuren kan door gecontroleerd inkuilen eveneens leiden tot losse aminozuren, maar deze technologie is nog niet beschikbaar. Heel aantrekkelijk zou het kunnen zijn om door GMO van biet en/of aardappel de productie van aminozuren en chemicaliën ter hand te nemen. Met de lysine in aardappel is al eind vorige eeuw door Wageningen en AVEBE een start gemaakt. In principe is het gehalte van elk aminozuur in aardappel en biet te verhogen. Op dit ogenblik loopt er in Wageningen ten minste één project op dit gebied. De GMO-productie met planten zal echter in Europa niet gemakkelijk van de grond komen, en is in deze casestudie buiten beschouwing gelaten.

Aminozuren uit fermentatieprocessen hebben suikers als grondstof nodig. Naar verwachting kunnen met bietsuiker, reststromen uit biet, en gras al heel veel suikers beschikbaar gemaakt worden in de regio.

## **Bedreigingen**

### *Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

De strategie zal een low-cost strategie zijn, waarbij huidige producten 'drop in' vervangen kunnen worden. Het risico uit de markt zal er een zijn van hoofdzakelijk technologische aard. Grondstoffen kunnen worden weggezogen door andere toepassingen, die bijv. door subsidies of op andere wijze aantrekkelijk worden. Het inzetten van de helft van het aardappelvruchtwater door AVEBE als grondstof voor biogas is zo'n voorbeeld. Helaas brengt onze overheid weinig begrip op nu de Europese vraag naar energie zo duidelijk is geformuleerd.

### *Regelgeving?*

In principe mogen aminozuren t.b.v. foodsupplementen en diervoeding (Fase 1, zie boven) worden toegepast indien deze uit natuurlijke plantenbron voortkomen. Maar dit is zeker een punt van verdere aandacht. Voor de chemie zullen weinig regelgevings-hurdles bestaan. Wel zullen de uiteindelijke chemicaliën die voor polymerisatie zullen worden ingezet van hoge zuiverheid moeten zijn.

### *Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

De ontwikkeling van dit cluster hangt af van verschillende essentiële stappen: beschikbaar komen van de scheidingstechnologie; de opschaling daarvan met protamylase als grondstof zodat fase 1 zijn beslag krijgt in 2020. Voor fase 2 (2024) is het essentieel dat de gras verwerking op grote schaal op gang is gekomen, uiteraard aangevuld met inmiddels op gang gekomen MIMOSA processen van beperkte capaciteit. Vooralsnog is het organiserend vermogen op dit cluster niet gemobiliseerd.

Fase A middels fermentatieve productie kan alleen worden opgestart wanneer een of meer bedrijven geïnteresseerd raken in de ontwikkeling van een fermentatie systeem en daar dus tenminste 5 M€ in willen steken.

### *Welke overige bedreigingen/risico's?*

Ondernemerschap en organiserend vermogen. Onbekendheid van de technologie (redelijke doorbraak) filiaaleconomie. Mantra van EZ: de markt doet het zelf!

### *Is het cluster maatschappelijk acceptabel?*

Het gebruik van aminozuren ten behoeve van chemie zal duidelijk moeten worden uitgelegd. Wanneer het hier gaat om juist de niet-essentiële aminozuren zou dit relatief gemakkelijk uit te leggen zijn. Dat geldt zeker voor de geracemiseerde aminozuren, die vrijkomen juist bij de opwaardering van het grootste deel van in plantenresten voorkomende eiwitbronnen. Met de bijkomende voordelen voor klimaat, mestreductie, energiegebruik, regionale ontwikkeling, en werkgelegenheid, zou een goede case op te bouwen moeten zijn.

## Werkgelegenheid en duurzaamheid

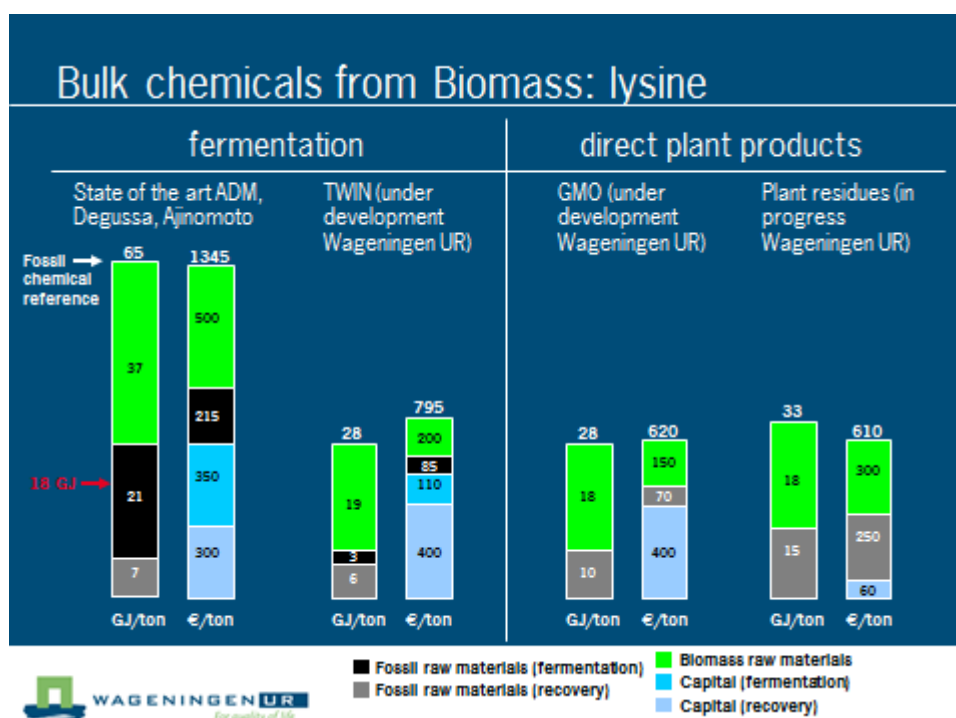
*Hoeveel werkgelegenheid levert het cluster potentieel?*

Voor de scheidingsfabriek, formulering en verkoop zal voor fase 1 ca. 10 man in de productie met 5 man met hoger salaris voor de overige activiteiten:  $10 \cdot 40 = 400$  k€ en  $5 \cdot 60 = 300$  k€; totaal 700 k€/jaar.

Voor fase 2 zal het totaal aantal groter zijn: ca. 25 man in ploegendienst + ca. 10 man met hoger salaris, totaal ca.  $25 \cdot 40 \text{k€} + 10 \cdot 60 \text{k€} = 1.6$  M€/jaar.

Voor de fase-3 units zal extra ongeveer het tweevoudige nodig zijn aan werk, dus totaal komt de werkgelegenheid dan uit op 75 man in ploegendienst en 30 voor staf en leidinggevende functies, met een loonsom van 5 M€/jaar.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale cluster maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*



Bovenstaand plaatje<sup>33</sup> laat de hoeveelheid fossiele en biomassa energie zien nodig voor de productie van aminozuren langs traditionele (aerobe fermentatie) route alsmede voor drie nieuwe technologieën: anaerobe fermentatie (TWIN), GMO en de isolatie uit reststromen.

De CO<sub>2</sub>-reductie per jaar voor 40 kton aminozuren voor chemie, 10 kton voor veevoeding en 5 kton voor voeding is naar schatting respectievelijk 120 kton, 15 kton en 7,5 kton. Dit betekent voor fase 1 een besparing van 7,5 kton CO<sub>2</sub>, voor fase 2 circa 75 kton en voor fase 3 circa

<sup>33</sup> Scott et al., *The production of chemicals in a Biobased Economy*, Chapter 9 in 'The Biobased Economy, Langeveld et al. eds, Earthscan 2010.

260 kton CO<sub>2</sub>. Omdat er in de eerste fase vooral met aminozuurhoudende reststromen wordt gewerkt, is het extra landgebruik gering.

*Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Dit zijn in essentie de complementaire stromen, voeren aan koeien

## **Investering**

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

Uit agro-residuen:

Fase 1. Voor de eerste scheidingsfabriek inclusief formuleringsunit zal een investering van ca. 10 M€ nodig zijn (200 €/ton kapitaalkosten). De omzet zal na de eerste fase 50 M€ bedragen.

Fase 2. In de tweede fase zal groter worden gebouwd dan in Fase 1 en nog meer aminozuren onderling worden gescheiden, met een investering in de scheidingsunit van 35 M€,

Fase 3 vraagt om uitbreiding scheidingsfabriek en vier chemische productie-units van ieder 20 M€. De omzet van de 2<sup>e</sup> fase zal 190 M€ bedragen, terwijl de chemische fabrieken ieder zo'n € 15 miljoen omzet zullen hebben, gerekend op eindproduct.

Het moet worden benadrukt dat deze cijfers een hoge mate van onnauwkeurigheid hebben. Na de tweede fase is er € 45 miljoen geïnvesteerd, en is de omzet € 190 miljoen per jaar.

Na fase 3 zal de totale investeringen 145 M€ bedragen met omzet 480M€ op jaar basis.

Via anaerobe fermentatie:

Investering van circa 5 M€ in O&O daarna zie cluster 1

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

De scheidingsfabriek voor aminozuren kan op verschillende plaatsen worden gevestigd: AVEBE-terrein Gasselternijveen; Emsland Staerke Emlichheim; bij importaanvoer van grondstoffen bijv. Mimosa-fabriek, Eemshaven; Graskuilengebied in midden Friesland, maar ook in Weser-Ems gebied.

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in het cluster en hoe?*

Delamine met de verschillende amines; Teijin met aniline als grondstof voor *para*-fenyleendiamine. DSM met 1,4-diaminobutaan t.b.v. nylon en acrylonitril t.b.v. diaminobutaan en plastics ABS en SAN. Agrifirm en Lohmann (Dld) voor de veevoeder aminozuren. Alle als afnemers.

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe?*

De scheiding van aminozuren uit allerlei verschillende agrostromen is een geheel nieuwe activiteit. Hierboven is beschreven hoe dit stapsgewijs ontwikkeld kan worden.

## **Met welke andere clusters zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Het eiwitcluster (cluster 3) kan dit aminozurencluster versterken, bijv. vanwege evt. reststromen die bij de eiwitproductie resteren. Bovendien is er in de diervoeding veel synergie te verwachten richting markt. De 60.000 ton aminozuren die voor fase 2 nodig is, is in verhouding klein

---

vergeleken met de 1.5 M ton eiwitten die in cluster 3 extra in het N4B gebied geproduceerd zou kunnen worden.

**Welke zwakte kan een struikelblok zijn**

Grondstofbeschikbaarheid voor een of meer toepassingen van grote volumes kan een probleem gaan vormen zoals hierboven al is opgemerkt, vooral omdat de niet gewenste aminozuren dan overblijven, en tegen lagere kosten in de markt moeten worden afgezet. De diervoeder markt zal 1000-1500 € willen betalen per ton aminozuur, de chemie 500-800 €, aminozuren voor rundvee zullen daarentegen slechts 200-500 € opbrengen. Het is dus van groot belang de markt stapsgewijs op te bouwen, te beginnen met de hoogwaardiger toepassingen van aminozuren.



## Cluster 5: Nieuwe chemie voor Delfzijl

### Inleiding

De chemische industrie in Delfzijl heeft zich ontwikkeld op basis van beschikbaarheid van keukenzout en van goedkope energie. Het chemiecomplex is daardoor vrij eenzijdig gebleven, met slechts een beperkt aantal verschillende producten. Een uitbreiding van de chemie met producten zoals in Rotterdam, Terneuzen, Ludwigshafen, en Leverkusen was niet mogelijk, vanwege het ontbreken van de basischemicaliën (ethyleen, propyleen, butadiëen, benzeen, toluëen en xyleen) en andere algemene voorzieningen, zoals pijplijnkoppelingen met Antwerpen en het achterland.

Indien gebruik gemaakt wordt van de inherente zuurstof- en stikstoffunctionaliteiten van biomassa t.b.v. de productie van zuurstof- en/of stikstofhoudende bulkchemicaliën, dan kan met bescheiden kapitaalsinvesteringen een groot aantal chemicaliën worden geproduceerd, ook in Delfzijl. Het ontbreken van de pijplijnkoppelingen met Antwerpen en de Rotterdamse voorzieningen is dan niet langer een nadeel. Juist de beschikbaarheid van biomassagrondstoffen uit de directe omgeving en de mogelijkheid deze te fractioneren middels bioraffinage, vormen een voordeel t.o.v. de traditionele petrochemische infrastructuur. Hierdoor kan juist de chemie in Delfzijl het nucleatiepunt vormen van een chemiepark met tal van producten en bedrijvigheid.

Enkele bedrijven op het Chemiepark zijn al bezig om te onderzoeken hoe ze hun processen kunnen vergroenen. Zo kijkt ESD-SIC, producent van siliciumcarbide, of ze bio-cokes kunnen inzetten als grondstof in plaats van de huidige petroleum-cokes. Verder onderzoekt ChemCom of ze met de waterstofgas die vrijkomt bij de productie van formaldehyde (uit methanol), glycerol kunnen hydrogeneren tot propyleenglycol, een populair antivriesmiddel. Glycerol is al een grondstof in Delfzijl, namelijk voor de productie van biomethanol door BioMCN. De prijs van glycerol moet voldoende laag zijn om bulkproducten als methanol en propyleenglycol rendabel te kunnen produceren. Indien zuivere glycerol nodig is, dan is op dit moment een dure destillatie nodig om glycerol van onzuiverheden als zouten en water te ontdoen. Gelukkig zijn er op dit moment in de regio initiatieven voor innovatieve processen om ruwe glycerol te zuiveren. Eén ervan is van TCEGoFour, dat biodiesel enzymatisch produceert, en daarbij een glycerolfractie isoleert die geen zouten bevat en al zuiver genoeg is voor verdere chemische omzettingen. Een ander initiatief is van Wendelin, dat een extractieproces heeft ontwikkeld om glycerol zuiver in handen te krijgen, als alternatief op het dure destillatieproces.

In dit document worden drie concrete business cases voorgelegd: (1) epichloorhydrine uit glycerol, (2) 2,5-furaandicarbonzuur uit suikers, en (3) 'groen' azijnzuur.



**Figuur 1.** Bedrijven en voorzieningen op het Chemiepark Delfzijl.

### Korte omschrijving

Chemische activiteiten op het Chemiepark Delfzijl (Figuur 1) zijn voornamelijk gericht op de productie van basischemicaliën op basis van zout, aardgas, ammoniak, anorganische zouten, en enkele van andere chemieclusters afkomstige bulkchemicaliën, zoals xyleen, aniline, azijnzuur, en ethyleendichloride. Er is een redelijke mate van integratie: producten van het ene bedrijf (chlor, waterstofgas, methanol, natronloog, zoutzuur, maar ook stoom en warmte) worden gebruikt als input voor chemicaliënproductie bij andere bedrijven. Een overzicht is weergegeven in Figuur 2.

'Groene' grondstoffen worden op dit moment weinig gebruikt. Een uitzondering is de productie van methanol bij BioMCN uit syngas op basis van de biodiesel-nevenstroom glycerol. Dit proces is rendabel zolang de glycerol goedkoper is dan methanol. Is dat niet het geval, dan wordt aardgas als grondstof ingezet.

In dit cluster worden enkele opties voor 'vergroening' van de chemie in Delfzijl uitgewerkt. Het betreft de volgende processen:

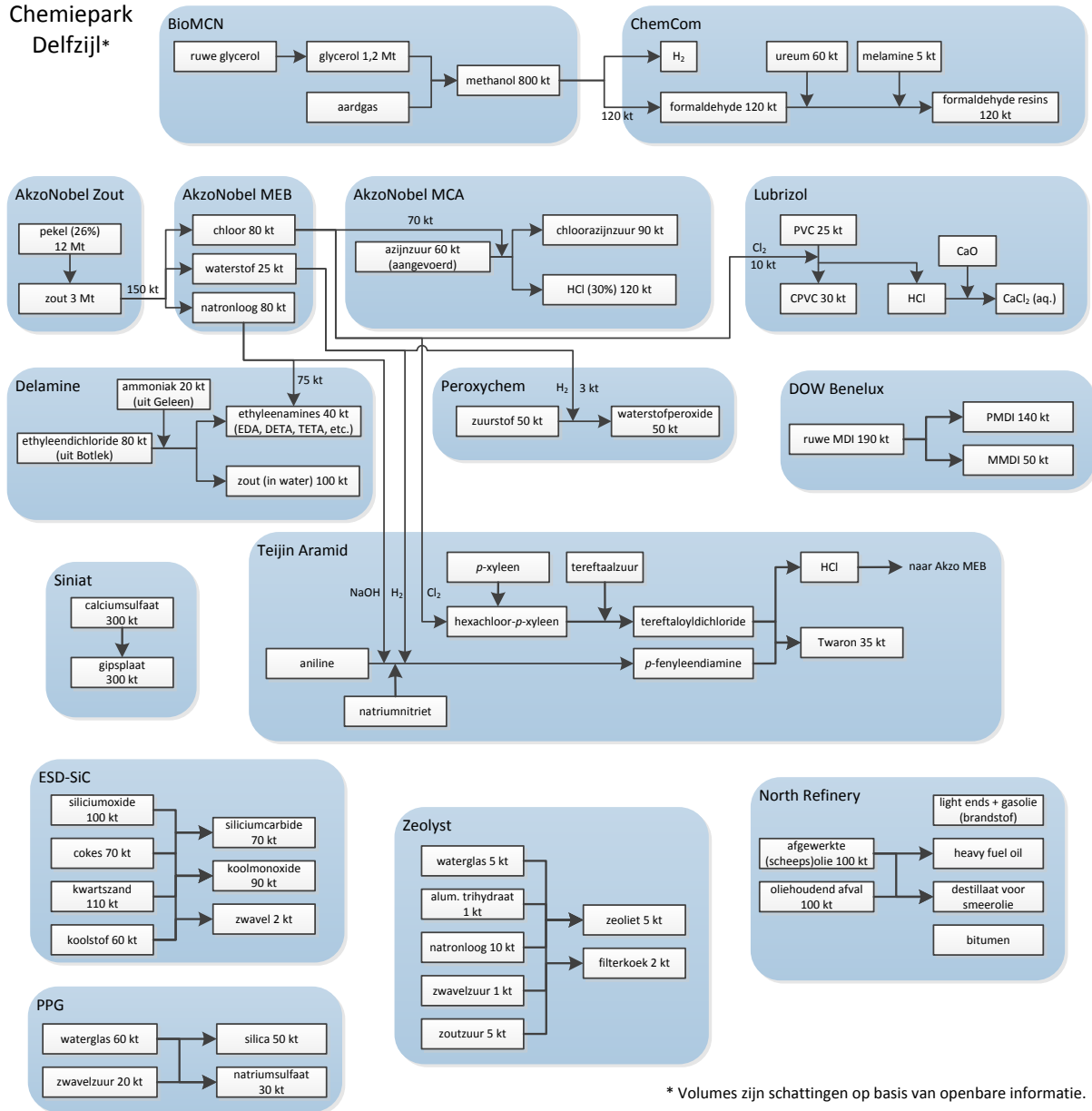
- Productie van epichloorhydrine (ECH) uit glycerol en zoutzuur
- Omzetting van C5- en C6-suikers naar 2,5-furaandicarbonsuur (2,5-FDCA), een mogelijk alternatief voor tereftaalzuur en isoftaalzuur
- Productie van bio-azijnzuur door anaerobe fermentatie van suikers

Om verschillende redenen is voor bovenstaande opties gekozen, waaronder de volgende:

- De groene processen leveren 'drop-ins' voor bestaande chemicaliën (azijnzuur)
- De grondstoffen zijn al aanwezig (glycerol, zoutzuur en natronloog voor ECH; methanol voor 2,5-FDCA)

- De omstandigheden zijn zeer gunstig voor nieuwe bedrijven en producten (2,5-FDCA voor Avantium, ECH door Solvay of wellicht AkzoNobel)

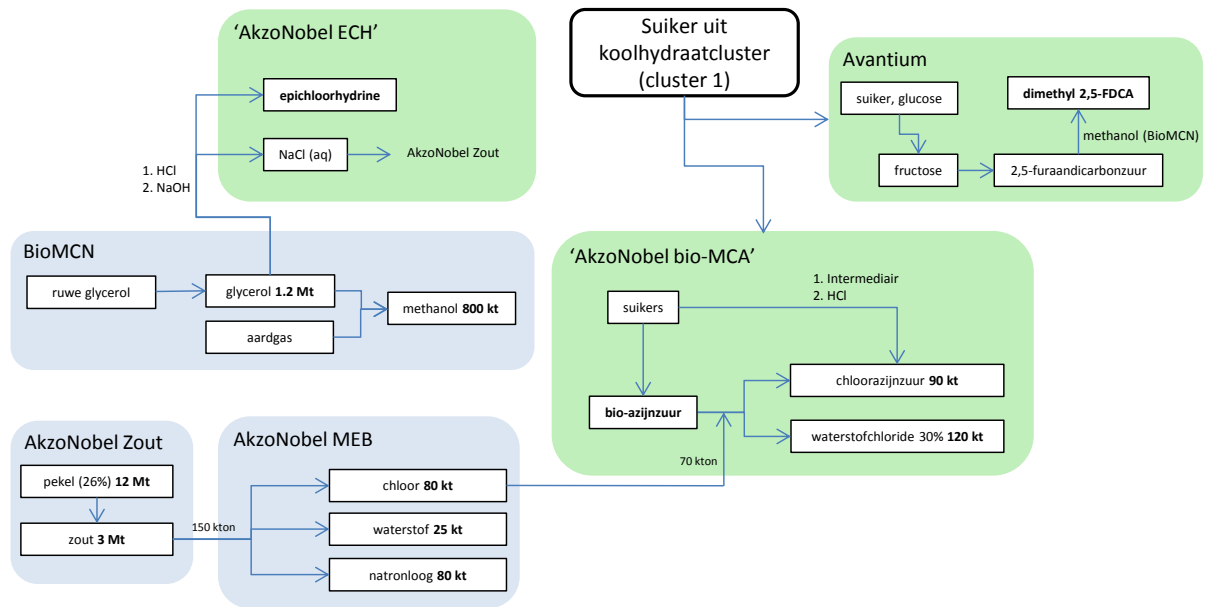
### Chemiepark Delfzijl\*



\* Volumes zijn schattingen op basis van openbare informatie.

**Figuur 2.** Overzicht van chemische bedrijven en processen op het Chemiepark Delfzijl.

De 'groene' opties en hun aansluiting op bestaande productieprocessen is weergegeven in Figuur 3. Enkele lopende initiatieven omtrent groene processen in Delfzijl staan niet in Figuur 3, maar zijn wel weergegeven in het uitgebreidere schema van Figuur 7, aan het eind van deze clusterbeschrijving.



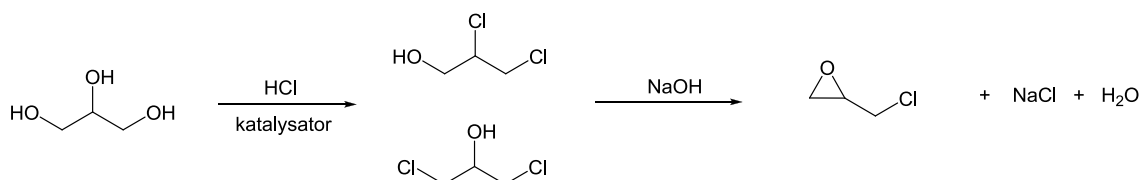
**Figuur 3.** Enkele opties voor groene processen in Delfzijl.

## Case 1: Epichloorhydrine uit glycerol

### Korte omschrijving

In Delfzijl wordt glycerol, als de prijs laag genoeg is, gebruikt door BioMCN om methanol te produceren. Een hoogwaardiger product uit glycerol is epichloorhydrine (ECH), dat een belangrijke grondstof is voor epoxyharsen. AkzoNobel verkoopt producten gebaseerd op epoxyharsen. De interesse van AkzoNobel in 'groene' ECH blijkt al uit een overeenkomst van het bedrijf met Solvay op dit gebied. Solvay produceert bio-based ECH ('Epicerol') uit glycerol. De overeenkomst behelst de (toenemende) aankoop door AkzoNobel van epoxyharsen op basis van Epicerol. In 2016 wil AkzoNobel 20% van zijn ECH-gebruik vergroend hebben.

Met de in Delfzijl aanwezige zoutzuur en natronloog, chemische infrastructuur, en de aanwezigheid van de zeehaven biedt de eigen productie, bijvoorbeeld door AkzoNobel, van ECH uit glycerol een goede kans voor 'groene chemie'. Bijproduct NaCl kan in Delfzijl door AkzoNobel MEB in het bestaande proces mogelijk weer worden omgezet in chloorgas, waterstofgas en natronloog.



**Figuur 4.** Productie van ECH uit glycerol, zoutzuur en natronloog.

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

De wereldwijde vraag naar ECH is zo'n 1,5 miljoen ton per jaar. De meeste ECH wordt omgezet met bisfenol A tot bisfenol A diglycidylether (BADGE), een belangrijk ingrediënt van epoxyharsen. Huidige productie vindt voornamelijk plaats in Europa, Noord Amerika en Azië. De grootste producenten zijn Dow Chemical en Solvay.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

Zeehavens: te gebruiken voor aanvoer van glycerol, en uitvoer van ECH.

Chemiecluster Emmen: SunOil produceert biodiesel en glycerol, en in Delfzijl zijn de overige grondstoffen al aanwezig. HCl is een reststroom van AkzoNobel en Delamine.

*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

Geen.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Glycerol afkomstig van biodieselproducenten, zoals SunOil uit Emmen, wordt vervoerd naar Delfzijl, waar de omzetting naar ECH plaats kan vinden. Additionele glycerol wordt aangevoerd via de haven in Delfzijl. Indien de glycerol moet worden gezuiverd zou de destillatie unit van BioMCN daartoe kunnen worden ingezet. AkzoNobel MEB produceert in Delfzijl natronloog. AkzoNobel MCA en Delamine produceren zoutzuur als reststroom. Bovendien is AkzoNobel wereldwijd een (indirecte) afnemer van ECH (o.a. van Solvay's Epicerol), voor de productie van bepaalde coatings.

*Welke grondstoffen zijn nodig?*

Glycerol, zoutzuur, een carbonzuur als katalysator (bijvoorbeeld azijnzuur, ook aanwezig in Delfzijl), en natronloog.

**Infrastructuur en technologie***Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Alle benodigde grondstoffen zijn in de regio aanwezig: glycerol in Emmen, eventueel aangevuld met glycerol ingekocht door BioMCN, natronloog bij AkzoNobel MEB, azijnzuur en zoutzuur bij AkzoNobel MCA. Ook door Lubrizol en Teijin Twaron, beide in Delfzijl aanwezig, wordt zoutzuur geproduceerd.

Chemische infrastructuur is aanwezig, en nieuwe capaciteit kan naar verwachting goed worden geïntegreerd in bestaande processen.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

De omzetting van glycerol naar ECH wordt op grote schaal toegepast door o.a. Dow Chemical en Solvay in respectievelijk Shanghai en Thailand.

**Omvang***Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Aangezien het gaat om bewezen technologie hoeft er niet eerst een proeffabriek te worden gebouwd. Een fabriek met dezelfde omvang als de Epicerol-fabriek in Frankrijk (20 kton per jaar) lijkt realistisch. Naast de (maximaal) 7 kton van de biodieselfabriek van SunOil is er daarom additionele aanvoer van glycerol nodig. Dat gebeurt in Delfzijl al voor BioMCN (voor methanolproductie). Naar verwachting wordt glycerol structureel te duur voor methanolproductie, en zal BioMCN moeten overstappen op een goedkopere bron voor syngas. De prijs van ECH ligt rond de €1700 per ton (oktober 2013). Geraffineerde glycerol kost ca. €800 per ton (augustus 2013). Bij een (conservatief geschatte) reactieopbrengst van 80% is voor 20 kton ECH (verkoopwaarde €34 miljoen) ca. 25 kton geraffineerde glycerol (kostprijs ca. €20 miljoen) nodig.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

De ECH die geproduceerd wordt in Delfzijl kan voor een deel verkocht worden aan epoxyharsproducenten die op hun beurt weer toeleveranciers zijn voor AkzoNobel, waardoor de ECH uiteindelijk in AkzoNobel's eigen producten terecht komt. Het tonnage aan ECH dat in de coatings van AkzoNobel zit is ons niet bekend.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

De grondstoffen zijn voor een deel in de regio aanwezig. SunOil (Emmen) produceert biodiesel uit gebruikte frituurolie en dierlijk vet. Glycerol is een nevenproduct. Op dit moment wordt een groot deel van de glycerol op de site gebruikt om biogas te produceren (anaerobe vergisting). Een meer lucratieve outlet van glycerol zou ECH kunnen zijn. Aanvoer van buiten de regio is nodig om de overige 18 kton glycerol te verkrijgen.

## Bedreigingen

*Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

De beschikbaarheid van glycerol hangt samen met de omvang van biodieselproductie. Als productie van biodiesel niet langer renderend is (door wegvallende subsidies of wijzigende regelgeving), kan de prijs van glycerol (te) hoog worden. In dat geval is de petrochemische route vanuit propeen rendabeler. Een alternatieve bron van glycerol is glucose, dat door micro-organismen kan worden omgezet in glycerol.

*Regelgeving?*

De grondstoffen en hulpstoffen die voor de productie van ECH nodig zijn worden nu al gebruikt op het Chemiepark. Vanuit dat oogpunt zijn er op het gebied van regelgeving geen significante hindernissen te verwachten.

*Welke overige bedreigingen?*

Geen.

*Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Als AkzoNobel de productie van ECH zelf wil oppakken, dan is er voldoende organiserend vermogen aanwezig. Als er een nieuwe partij moet worden aangetrokken die de productie van ECH ter hand wil nemen, dan zouden de NOM, Groningen Seaports, de SBE, en regionale overheden hier een rol in kunnen vervullen.

*Is de case maatschappelijk acceptabel?*

Ja.

## Werkgelegenheid en duurzaamheid

*Hoeveel werkgelegenheid levert de case potentieel?*

Inschatting voor een fabriek met een capaciteit van 20 kton: ca. 15 mensen voor de fabriek, en 5 mensen hoger personeel. Dit is exclusief tijdelijke constructiemedewerkers.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale case maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

Hier zal de huidige toepassing van glycerol (zoals anaerobe vergisting tot biogas) moeten worden vergeleken met de 'voorkomen' productie van ECH uit propyleen (via allylchloride). Dit is een lastige opgave, omdat er vele factoren van invloed zijn op de berekening. Zo moeten er aannames worden gemaakt over de vervanging van de biogas die niet meer geproduceerd wordt uit glycerol. Wordt dat aardgas, of biogas uit vervangende biomassa? Volgens Solvay zelf is de 'cradle-to-gate' uitstoot van CO<sub>2</sub> door het Epicerolproces 27% lager dan bij het conventionele proces.<sup>34</sup> In absolute termen gaat het volgens Solvay om een vermeden uitstoot van meer dan 2,5 ton CO<sub>2</sub>-equivalent per ton ECH. Voor 20 kton ECH is dat dus een vermeden uitstoot van meer dan 50 kton. In de keten waar het Epicerol-proces deel van uitmaakt worden minder energie, water en chloorgas gebruikt.

---

<sup>34</sup> [http://www.solvaychemicals.com/EN/SUSTAINABILITY/ISSUES\\_CHALLENGES/EPICEROL.aspx](http://www.solvaychemicals.com/EN/SUSTAINABILITY/ISSUES_CHALLENGES/EPICEROL.aspx)

*Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Zout is een nevenproduct van ECH-productie vanuit glycerol. In Delfzijl is zout een belangrijke grondstof voor chloor- en waterstofgasproductie.

## **Investing**

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

De kosten voor de bouw van een ECH-fabriek met een capaciteit van 20 kton worden ingeschat op €20-30 miljoen.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

In Delfzijl.

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in de case en hoe?*

SunOil Biodiesel als leverancier van (ruwe) glycerol; BioMCN als raffineur van glycerol; TCEGofour middels kleinschalige biodieselproductie in containers in de regio.

AkzoNobel MEB als producent van natronloog en gebruiker van NaCl; AkzoNobel MCA als producent van azijnzuur en zoutzuur. ECH past in het portfolio van AkzoNobel (coatings). Productie van ECH door AkzoNobel in Delfzijl ligt voor de hand.

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe?*

De productie van ECH in Delfzijl is nieuw.

*Met welke andere cases zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?*

BioMCN kan glycerol al omzetten in methanol. SunOil zou de bio-methanol kunnen afnemen om een 100% bio-based biodiesel te maken. De glycerol van SunOil wordt op dit moment niet afgenomen door BioMCN. Mogelijk heeft BioMCN een goedkopere bron van glycerol.

*Welke zwakte kan een struikelblok zijn?*

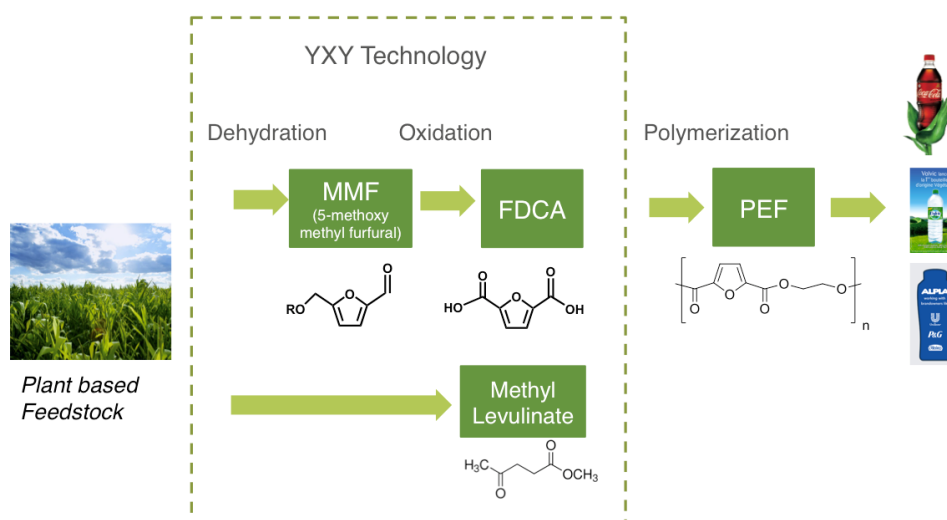
De vraag is of er plek is op de markt voor extra ECH-capaciteit.



## Case 2: 2,5-FDCA dimethylester uit C5- en C6-suikers.

### Korte omschrijving

Een veelbelovende groene bouwsteen voor bio-gebaseerde chemicaliën en materialen is 2,5-furaandicarbonzuur (2,5-FDCA). Een materiaal op basis van 2,5-FDCA met hoge potentie voor groene verpakkingsmaterialen is PEF (polyethyleenfurandicarboxylaat), dat wordt gezien als een groen, en op sommige punten beter alternatief voor PET. Het bedrijf Avantium richt zich op de productie van 2,5-FDCA (er staat een proeffabriek in Geleen). Fructose op basis van '1<sup>ste</sup>-generatie' eetbare suikers is op dit moment de grondstof voor 2,5-FDCA. Op termijn wil Avantium overstappen op '2<sup>de</sup>-generatie'-suikers uit niet-eetbare bronnen als grondstof. Het bedrijf is op zoek naar een geschikte locatie voor een grootschalige fabriek voor de productie van 2,5-FDCA. In onze ogen zou de Eemsdelta een locatie met veel meerwaarde zijn.



**Figuur 5.** Avantium's YXY-proces en polymerisatie naar PEF

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

De belangrijkste toepassing van 2,5-FDCA zal zijn in polyesters, met name voor verpakkingen. Specifiek is er potentie voor een groen PET-alternatief: PEF. Dit materiaal wordt nog niet op commerciële schaal geproduceerd, maar grote voedingsconcerns als CocaCola en Danone zijn actief geïnteresseerd. Wereldwijd wordt jaarlijks meer dan 20 miljoen ton PET geproduceerd. In Emmen is technologie en bedrijvigheid aanwezig om PEF te verwerken en mogelijk te recyclen. Verder is Teijin geïnteresseerd in aramide-vezels op basis van 2,5-FDCA.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

- De regio heeft de beschikking over veel koolhydraathoudende agro-stromen, zowel uit 1<sup>ste</sup>- als 2<sup>de</sup>-generatiebronnen (zie koolhydraat-/fermentatiecluster 1)
- De aanwezigheid van havens biedt de mogelijkheid voor invoer van additionele grondstoffen, en uitvoer van producten naar andere regio's.
- Het Chemiepark Delfzijl beschikt over een hoogwaardig stoomnet voor (en van) bedrijven op de locatie.

- Er is methanol beschikbaar (BioMCN), dat nodig is voor het huidige productieproces van Avantium via methoxymethylfurfural (MMF). De aanwezigheid van methanol in Delfzijl kan ook benut worden om de dimethylester van 2,5-FDCA te maken, een mogelijk betere bouwsteen voor PEF dan het vrije dicarbonzuur.

#### *Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Avantium kan zijn grondstoffen (nu fructose, in de toekomst ook 2<sup>de</sup>-gen. C6-suikers) betrekken uit de regio. Suikerstromen uit suikerbiet liggen voor de hand, maar in de eerste stadia van ontwikkeling kunnen ook goedkope C6-suikerstromen worden geïmporteerd. De in Delfzijl geproduceerde 2,5-FDCA (of de dimethylester daarvan) kan, wanneer de juiste apparatuur met de juiste schaalgrootte aanwezig is, in Emmen worden gepolymeriseerd tot PEF.

#### *Welke grondstoffen zijn nodig?*

Omdat de productie van 2,5-FDCA via HMF-ethers (op dit moment de methylether, MMF) verloopt, zijn C6-suikers en methanol nodig als grondstof. De makkelijkste C6-uitgangsstof voor MMF is fructose, omdat het al de juiste configuratie heeft voor dehydratatie tot MMF. Vanuit glucose verloopt de dehydratatie tot MMF veel moeizamer. Isomerisatie van glucose naar fructose is dan een eerste stap.

### **Infrastructuur en technologie**

#### *Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Avantium is op zoek naar een locatie voor de bouw van een eerste commerciële fabriek met een capaciteit van 50 kton 2,5-FDCA per jaar. De fabriek heeft stoom nodig. Dit is al aanwezig op het Chemiepark (Figuur 6).



**Figuur 6.** Stoomnet op het Chemiepark.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

Avantium heeft een 24/7 draaiende proeffabriek in Geleen. De technologie is ver genoeg voor opschaling naar een commercieel proces. Avantium wil eind 2017 gaan produceren.

## **Omvang**

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Doel is een fabriek met een jaarlijkse capaciteit van 50 kton 2,5-FDCA.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

PEF is een nieuw materiaal, dat een deel van de PET-markt (18 miljoen ton/jaar voor flessen) kan verdringen. Uit 50 kton 2,5-FDCA kan ca. 60 kton PEF worden gemaakt.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

De huidige grondstof voor 2,5-FDCA is fructose, afkomstig uit 'high-fructose corn syrup', of invertsuiker. Bij een opbrengst van 80% 2,5-FDCA is ca. 75 kton fructose nodig om 50 kton 2,5-FDCA te maken. Zie Cluster 1 voor beschikbaarheid van suikers in de regio.

## **Bedreigingen**

*Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

Avantium kijkt ook naar andere mogelijk geschikte locaties, zowel binnen als buiten Nederland. Het bedrijf kan besluiten dat andere locaties gunstiger zijn.

*Regelgeving?*

Geen bijzondere issues.

*Welke overige bedreigingen?*

Suikergrondstoffen kunnen mogelijk goedkoper worden ingevoerd vanuit het buitenland dan uit de regio.

*Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Om de voordelen van vestiging in Delfzijl aan Avantium toonbaar te maken is actief lobbywerk van regionale partijen noodzakelijk.

*Is de case maatschappelijk acceptabel?*

Ja.

## **Werkgelegenheid en duurzaamheid**

*Hoeveel werkgelegenheid levert de case potentieel?*

Inschatting: voor een fabriek van 50 kton ca. 75 fte operationeel personeel, plus 5 fte hoger personeel. Dit is exclusief tijdelijke constructiemedewerkers.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale case maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

Volgens Avantium is de vermeden uitstoot aan broeikasgassen bij de productie van 1 ton PEF ca. 2,3 ton CO<sub>2</sub>-equivalenten t.o.v. PET (ca. 2 ton CO<sub>2</sub>-equiv./ton PEF in plaats van 4,3 ton CO<sub>2</sub>-equiv./ton PET).<sup>35</sup>

*Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Co-product van 2,5-FDCA-productie is methyllevulinaat, grondstof voor nieuwe chemische producten en brandstoffen.

## **Investing**

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

Kosten voor de bouw van de 50 kton-fabriek worden ingeschat op minimaal €70 miljoen.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

In Delfzijl.

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in de case en hoe?*

SuikerUnie (Cosun) voor aanleveren van fructose-houdende suikerstromen, BioMCN voor levering van groene methanol (uit glycerol), Cumapol in Emmen voor (toekomstige) recycling en productie van PEF, Teijin Aramid voor samenwerking op het gebied van 2,5-FDCA-gebaseerde aramidevezels.

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe?*

2,5-FDCA is ook een bouwsteen die in andere materialen kan worden verwerkt, zoals composietharsen, weekmakers voor bijvoorbeeld PVC of cosmetica. Partijen uit de regio zouden een bijdrage kunnen leveren aan de ontwikkeling van dergelijke toepassingen.

## **Met welke andere cases zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Cluster 1 en 6: ethyleenglycol voor/uit PET, als grondstof voor PEF.

## **Welke zwakte kan een struikelblok zijn?**

Grondstofkosten van regionale suikerstromen.

---

<sup>35</sup> <http://chemroundtables.com/wp-content/uploads/2012/08/YXY-technology-the-PEF-revolution.pdf>

### **Case 3: Groen azijnzuur**

#### **Korte omschrijving**

AkzoNobel MCA gebruikt op het chemiepark azijnzuur als grondstof voor de productie van chloorazijnzuur. Het bedrijf importeert op dit moment de azijnzuur, dat van petrochemische oorsprong is en gemaakt wordt door reactie van methanol en koolmonoxide. Onafhankelijk van de economische haalbaarheid zijn er verschillende 'groene' routes denkbaar om uit biomassa azijnzuur te maken. Enkele daarvan zijn:

- Aerobe of anaerobe fermentatie van C5- en C6-suikers door micro-organismen. Anaerobe acetogenese is met name interessant, omdat hierbij geen CO<sub>2</sub> wordt gevormd. Dit proces wordt al toegepast in een proeffabriek van het Amerikaanse bedrijf ZeaChem, waarmee AkzoNobel een samenwerking heeft. Bovendien zijn er andere routes op basis van anaerobe fermentatie in ontwikkeling in samenwerking met AKZO Nobel.
- Pyrolyse van biomassa tot een mengsel van organische producten, waaronder azijnzuur. Echter, de beschikbaarheid van 'groene' pyrolyseolie is beperkt, en de isolatie van azijnzuur uit het gecompliceerde mengsel is lastig.
- Carbonylering van biomethanol, d.w.z. de groene variant van het huidige petrochemische proces om azijnzuur te maken. Hierbij zijn er verschillende technologieën in ontwikkeling om groene methanol te produceren. Eén van de manieren van groene methanolproductie is die van BioMCN in Delfzijl, door vergassing van glycerol naar syngas (met name bestaand uit koolmonoxide en waterstofgas). Dat is echter een dure optie: de productie van azijnzuur op de site in Delfzijl uit methanol en koolmonoxide van BioMCN kan economisch niet uit. Daarvoor is een grotere fabriek nodig.

Op basis van een inschatting van voors en tegens wordt *anaerobe fermentatie van biomassa* als meest aantrekkelijk optie gezien. Daarom wordt in dit rapport deze optie kort nader beschreven.

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

AkzoNobel MCA gebruikt in Delfzijl ca. 60 kton azijnzuur per jaar voor de productie van monochloorazijnzuur (MCA). MCA wordt gebruikt voor de acetylering van met name cellulose tot carboxymethylcellulose (CMC) en carboxymethylzetmeel (CMS). Beide zijn verdikkingsmiddelen voor levensmiddelen en industriële producten.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt de case in?*

Beschikbaarheid van agrarische stromen voor fermentatie, aanwezigheid van de haven voor import van (droge) biomassa.

*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

Aanvoer van azijnzuur over zee is niet meer nodig.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Fermenteerbare suikers worden aangeleverd uit regionale reststromen (Cluster 1). AkzoNobel bouwt een fabriek voor anaerobe fermentatie in Delfzijl, waar azijnzuur geproduceerd wordt. Deze azijnzuur gaat naar de MCA-fabriek voor productie van monochloorazijnzuur. Op langere termijn

zou AkzoNobel kunnen investeren in een proces waarbij uit een fermentatief verkregen intermediair *zonder chloorgas*, maar bijvoorbeeld met zoutzuur, MCA kan worden gemaakt.

*Welke grondstoffen zijn nodig?*

Koolhydraten geschikt voor fermentatie, zoals beschreven in Cluster 1, vormen de grondstof voor de fermentatie naar azijnzuur. Verder zijn geschikte micro-organismen nodig, en nutriënten voor microbiële groei.

## **Infrastructuur en technologie**

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

De benodigde fabriek voor fermentatie en downstream processing (DSP) is niet aanwezig.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

In octrooiliteratuur is de anaerobe fermentatie van suikers naar azijnzuur uitvoerig beschreven. Acetogene bacteriën zetten suikers (glucose, fructose, maar ook suikers verkregen uit bioraffinage van niet-eetbare agrarische reststromen), maar ook andere grondstoffen zoals melkzuur, koolmonoxide, kooldioxide/waterstofgasmengsels, en alcoholen om naar acetaat. Er wordt geen kooldioxide geproduceerd, wat de omzettingen zeer grondstofefficiënt maakt.

De isolatie van azijnzuur uit het waterige fermentatiemengsel kost veel energie. Een manier om de energiekosten te reduceren is om het acetaat door reactie met bijvoorbeeld ethanol eerst om te zetten in een zgn. ester, zoals ethylacetaat. Ethylacetaat is vluchtiger dan azijnzuur, en bovendien niet mengbaar met water, en kan daarom veel makkelijker worden geïsoleerd. Het Amerikaanse bedrijf ZeaChem heeft al veel geïnvesteerd in dergelijke technologie. In hun proces is ethylacetaat echter niet het eindproduct, maar een intermediair in de omzetting naar ethanol. Uit ethylacetaat wordt door reactie met waterstofgas ethanol geproduceerd.

## **Omvang**

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

Op dit moment gebruikt AkzoNobel ca. 60 kton azijnzuur in het MCA-proces. Het is realistisch om op termijn deze hoeveelheid middels fermentatie te maken.

*Welk deel van de markt is te bedienen?*

In eerste instantie zou AN zich kunnen richten op productie voor eigen gebruik. Wereldwijd is de markt zeer groot; het jaarlijkse productievolume is ca. 5 miljoen ton. De vraag is ca. 6,5 miljoen ton per jaar.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Voor 60 kton azijnzuur is naar schatting 70 kton suikers nodig. In theorie is de omzetting zonder bijproducten ( $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3 CH_3COOH$ ), maar door verliezen zal de opbrengst lager zijn. Dergelijke hoeveelheden fermenteerbare suikers zijn voorradig, zeker als 2<sup>de</sup>-generatie suikers uit lignocellulose beschikbaar komen. Als het proces via ethylacetaat verloopt, dan is ook ethanol nodig. Azijnzuur wordt vervolgens verkregen door hydrolyse van ethylacetaat. Hierbij wordt de ethanol weer teruggewonnen.

## Bedreigingen

*Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

Er is en wordt veel IP gegenereerd op dit gebied, hetgeen het opbouwen van een eigen IP-positie moeilijker maakt.

*Regelgeving?*

Geen significante belemmeringen

*Welke overige bedreigingen?*

Het kan lonend zijn voor AkzoNobel om te investeren in een proces waarmee in een chloorgasvrij proces MCA wordt gemaakt. In dat geval is de productie van azijnzuur als grondstof voor MCA overbodig geworden.

*Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Voldoende organiserend vermogen aanwezig (AkzoNobel).

*Is de case maatschappelijk acceptabel?*

Ja.

## Werkgelegenheid en duurzaamheid

*Hoeveel werkgelegenheid levert de case potentieel?*

Inschatting: voor een fermentatiefabriek van 60 kton ca. 50 fte operationeel personeel, plus 15 fte hoger personeel. Dit is exclusief tijdelijke constructiemedewerkers.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale case maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

De vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot zal aanzienlijk zijn, vergeleken met het huidige proces (carbonylering van methanol). Absolute getallen konden niet worden gevonden. Een schatting is een reductie van 200-300 kton CO<sub>2</sub>-equivalenten per jaar.

*Hoe worden de complementaire stromen verward?*

Het is niet bekend welke bijproducten worden gevormd bij de anaerobe fermentatie naar azijnzuur. Mogelijk ontstaan zouten.

## Investering

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

De kosten voor een fermentatiefabriek voor 60 kton azijnzuur (suiker → acetaat → ethylacetaat → azijnzuur) bedraagt naar schatting tussen de € 80 en € 100 miljoen.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

In Delfzijl.

## Bedrijven

*Welke bestaande bedrijven passen in de case en hoe?*

AkzoNobel als producent van azijnzuur.

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe?*

In plaats van suikers als grondstof zou op termijn kunnen worden onderzocht of kooldioxide/waterstofgasmengsels een rendabele grondstof voor azijnzuur kunnen zijn.

*Met welke andere cases zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?*

Er is een duidelijke link met Cluster 1 (koolhydraten voor chemie).

*Welke zwakte kan een struikelblok zijn?*

AkzoNobel heeft weinig ervaring met fermentatie. Samenwerking met andere partijen is essentieel.

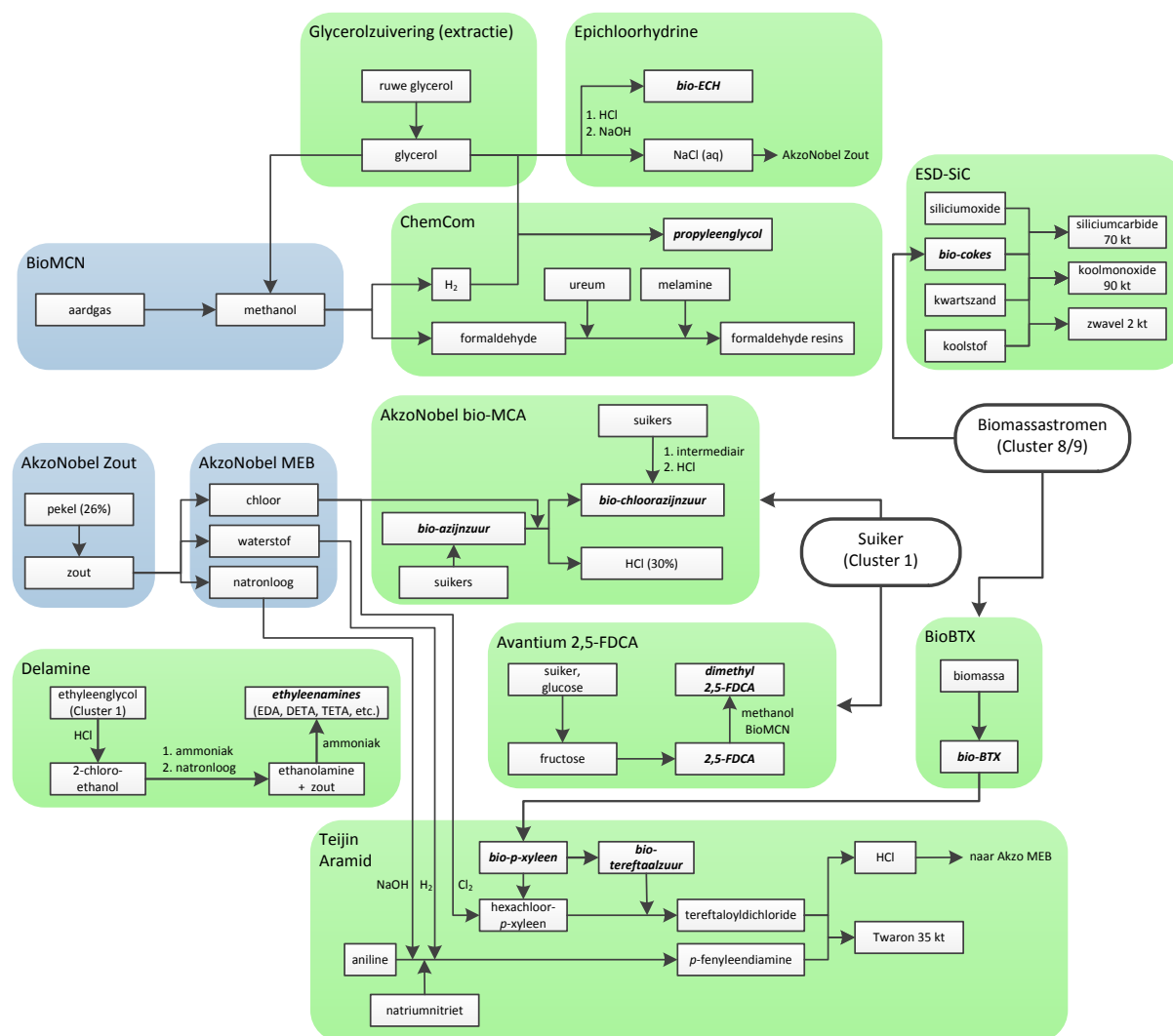


## Overige cases in Cluster 5

Enkele andere cases die interessant zijn om nader te bestuderen zijn:

- Productie van syngas uit biomassa op het Chemiepark
- Productie van monochloorazijnzuur (MCA) uit fermentatief geproduceerd hydroxyazijnzuur
- Productie van ethyleendiamine uit bio-ethyleenglycol
- Productie van propyleenglycol uit glycerol

Deze cases worden in dit clusterrapport niet verder uitgewerkt. Wel is in Figuur 7 een overzicht gegeven van zowel de in dit cluster behandelde cases als van mogelijke andere toekomstige groene processen op het Chemiepark.



**Figuur 7.** Overzicht van enkele mogelijke groene processen op het Chemiepark Delfzijl



## Cluster 6: Van koolhydraten naar polyesters en andere bioplastics

### Korte omschrijving

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Polyesters zijn kunststoffen die worden gemaakt uit twee basismoleculen, een dizuur en een dialcohol. Er zijn verschillende types polyester op de markt elk met andere combinaties dizuren en dialcoholen. De eigenschappen van een polyester en dus het toepassingsgebied worden bepaald door de exacte combinatie van het dizuur en het dialcohol. Dizuren en vooral dialcoholen kunnen relatief eenvoudig worden gemaakt uit suikers. Er is al 10 jaar een materiaal op de markt (Sorona™ van Dupont) waarbij de dialcohol via fermentatie uit suikers wordt geproduceerd. De meest bekende polyester, met de grootste marktomvang is PET (Polyethyleen Tereftalaat, gemaakt uit een combinatie van ethyleenglycol en tereftaalzuur). De markt voor polyesters is zeer groot, op dit moment is circa 8 % van de totale hoeveelheid plastics PET, dat is zo'n 24 Mton per jaar wereldwijd.

CocaCola vermarkt op dit moment de PlantBottle™, een PET fles waarbij de dialcohol uit biomassa wordt gemaakt, de fles is maximaal 30% biobased. Deze dialcohol wordt geproduceerd uit Braziliaans rietsuiker, dat wordt omgezet in ethanol en vervolgens in etheen, waarna er in India via etheenoxide ethyleenglycol van wordt gemaakt.

Naast de polyesters uit een dizuur en een dialcohol kan ook melkzuur als bouwsteen gebruikt worden voor de productie van polymelkzuur (PLA). PLA is bioafbreekbaar. Het materiaal is al een aantal jaren op de markt in verschillende grades voor een scala aan toepassingen. De PLA productie wordt steeds verder uitgebreid. De huidige markt voor melkzuur is 300-400 kton/j met een marktwaarde van 1000-1200 €/ton, de huidige markt voor PLA is 250 kton/j, maar deze groeit. De prijs van PLA is circa 1,80 €/kg.

In principe kunnen de bouwstenen voor PET en andere polyesters goed geproduceerd worden uit de koolhydraten die in Noord-Nederland beschikbaar zijn (cluster 1). Ook de productie van de polyesters zelf én de verwerking tot verschillende producten kan in Noord-Nederland plaats vinden. Er is al een aantal ontwikkelingen gaande waar goed op aangesloten kan worden.

In Emmen is vanuit het verleden (AKZO) expertise rondom het produceren en verwerken van polyesters. Naast een continue productieplant (CPU) voor de productie van PET staan er ook batchreactoren (BPU) waarin polyesters (ook andere dan PET) geproduceerd kunnen worden. Daarnaast zijn er spinlijnen aanwezig en andere verwerkingsapparatuur. API is in 2008 ontstaan (na het faillissement van Diolen) als kenniscentrum voor toegepast polymeeronderzoek. API heeft de ambitie om zich te richten op biobased plastics en kan een ontwikkelkern vormen voor nieuwe materialen en toepassingen. Het is belangrijk om de verbinding te leggen met de potentiële productie van nieuwe bouwstenen in Noord-Nederland om deze ontwikkelfunctie sterk te maken. Stenden Hogeschool in Emmen beschikt over een lectoraat Duurzame Kunststoffen. In 2011 is daarnaast een kenniscentrum Duurzame Kunststoffen opgericht (een samenwerking tussen Stenden, Emmtec Services en API) en in 2013 is er een Centre of Expertise Smart Polymeric Materials aan toegevoegd. De CoE SPM (GreenPAC) is een samenwerking tussen Stenden

Hogeschool en Hogeschool Windesheim. Eind 2013 heeft GreenPAC in Emmen de status van Centre of Open Chemical Innovatie (COCI) verkregen van de Regiegroep Chemie, in Zwolle heeft GreenPAC de status van iLAB verkregen.

Op het 88 ha grote terrein Emmtec Industry & Business Park wat oorspronkelijk van AKZO was, maar nu in handen in van Nuon/Vättenfall, staan verschillende bedrijven die actief zijn op het gebied van polymeren. Tejin Aramid maakt aramide, op basis van de grondstoffen en het polymeer dat in Delfzijl wordt gemaakt. (in Delfzijl 4 fabrieken, tereftaloyldichloride, p-fenyleendiamine, twaron (de polymerisatiefabriek) en de terugwinning van NMP (het oplosmiddel). DSM Engineering Plastics produceert PET, PBT en Arnitel. DSM heeft ook compounding faciliteiten. Bonar Yarns (voorheen Colbond) maakt garens voor non-wovens en fleeces voor bijvoorbeeld de tapijtindustrie. Cumapol heeft de genoemde polymerisatie-units voor polyester, zowel batch als twee continu polymerisatie units (CPU). Herin kan ook nacondensatie plaatsvinden. Morssinkhof Rymoplast recyclet PET en gebruikt de tuimeldrogers in Emmen voor nacondensatie, Stefan Morssinkhof heeft de spinstrekker (voorheen van Diolen) gekocht. Inverco recyclet PE en PP, en zij hebben ook compoundeerfaciliteiten. Sunoil heeft een andere focus, het produceert biodiesel uit afgewerkt frituurvet.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt het cluster in?*

Aanwezigheid van suiker, diksap/dunsap, interessante reststromen uit suikerproductie, zetmeel en op termijn ook tweede generatie suikers bijvoorbeeld uit lignocellulose en suikers als glucose en fructose uit gras, dit allemaal uit cluster 1.

Aanwezigheid van polymerisatietechnologie, continue en batch reactoren in Emmen, alsmede nacondensatiefaciliteiten.

Aanwezigheid van polymeerverwerking, zowel dedicated voor de productie van vezels alsook andere verwerkers.

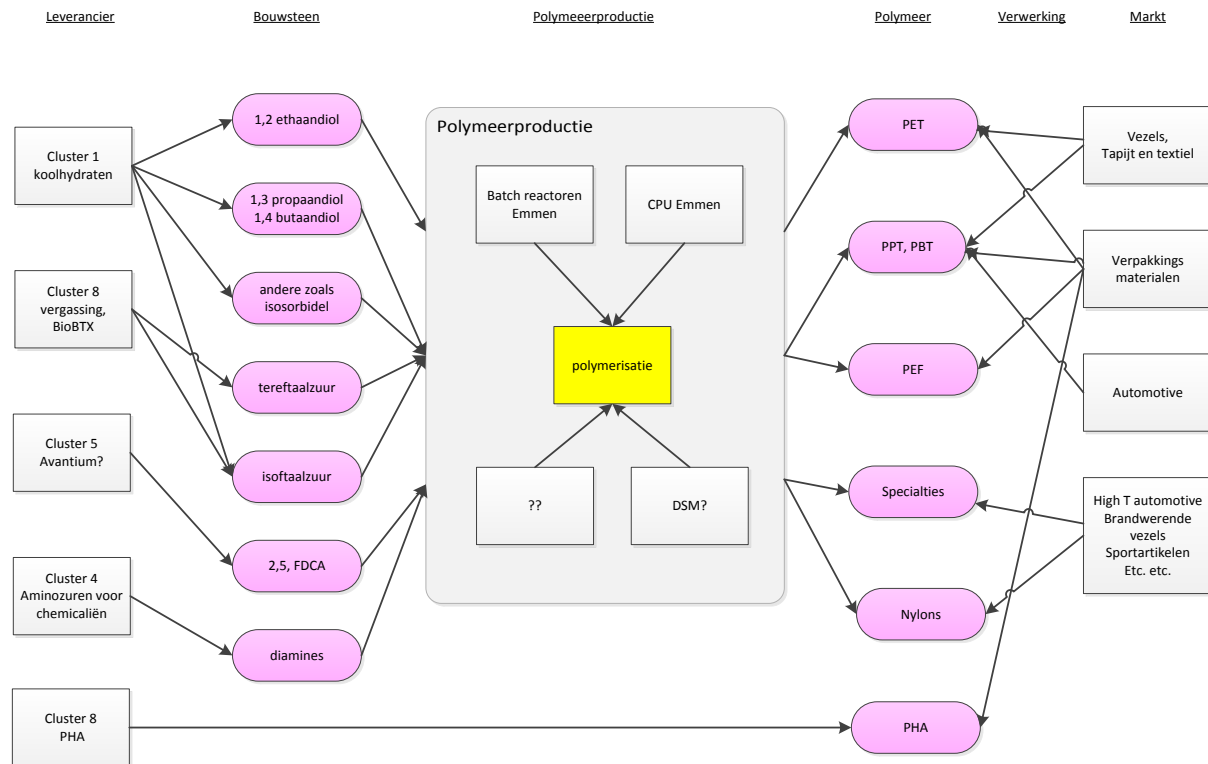
De aanwezigheid van PET recycling activiteiten (zowel mechanisch als chemisch) in Emmen, waardoor ook de biobased PET via recycling kan terugkeren in de markt.

*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

Het cluster sluit aan op meerdere onderwerpen onder andere de beschikbaarheid van grondstoffen voor polymeren, die potentieel efficiënter uit biomassa gemaakt kunnen worden waardoor de afwezigheid in het gebied van een aantal base chemicals geen issue meer is.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Versillende bouwstenen, die deels nu al petrochemisch geproduceerd worden en deels in ontwikkeling zijn worden gebruikt in polyesters. Kansrijk voor het op relatief korte termijn uitbouwen van het cluster zijn vooral bouwstenen waarvan bekend is dat ze goede polymeereigenschappen geven. De hele toepassingsontwikkeling van nieuwe polyesters is nu niet voorzien, maar kan als zich een sterk cluster heeft gevormd uiteraard worden opgepakt.



**Figuur 1** Overzicht van bouwstenen en producten

Dit betekent dat in eerste instantie kan worden gefocust op:

### *1,2 ethaandiol*

Productie van 1,2 ethaandiol uit sorbitol via een thermochemisch proces is bekende technologie en wordt onder andere in de VS door ADM gedaan. Hierbij wordt ook 1,2-propaandiol geproduceerd (interessant voor cluster 7 biocomposieten). Maar wellicht interessanter en de moeite waard om verder te onderzoeken is dat 1,2-ethaandiol kan geproduceerd worden via fermentatie. Dit is uitgewerkt in cluster 1.

### *Tereftaalzuur*

Tereftaalzuur kan geproduceerd worden via het BioBTX-proces. Momenteel is een laboratoriumopstelling beschikbaar voor het BioBTX-onderzoek. Tereftaalzuur kan ook worden geproduceerd uit suikers via isobutanol, of uit lignine via fractionering en vervolgens een katalytische omzetting. Het proces via isobutanol vraagt echter veel feedstock, en is daarom minder voor de hand liggend. De processen om biobased tereftaalzuur te maken zijn zeker nog niet commercieel. Verschillende opties uit suikers zijn uitgewerkt in cluster 1. Tereftaalzuur is een bulkproduct dat op grote schaal wordt geproduceerd (orde van 50 Mton wereldwijd). De prijs van fossiel tereftaalzuur is daarom relatief laag. Niettemin kan er voor een volledig biobased PET ruimte zijn om een hogere prijs te vragen.

### *2,5 furaandicarbonzuur*

2,5 FDCA kan worden geproduceerd via het Avantium-proces uit suikers, bij voorkeur fructose. Het kan ook worden geproduceerd uit een reststroom van de bietsuikerproductie. Naast Avantium zijn er nog meerdere andere partijen bezig met ontwikkelingen rond FDCA.

### *Melkzuur*

Polymelkzuur wordt over het algemeen geproduceerd uit lactide (twee melkzuurmolekulen in een ring). Corbion produceert op dit moment het lactide in Maleisië dat in Nederland wordt gepolymeriseerd tot polymelkzuur (PLA) door Synbra. In cluster 1 zou ook een lactidefabriek kunnen worden gerealiseerd.

Verdere mogelijkheden voor interessante grondstoffen voor dit cluster zijn:

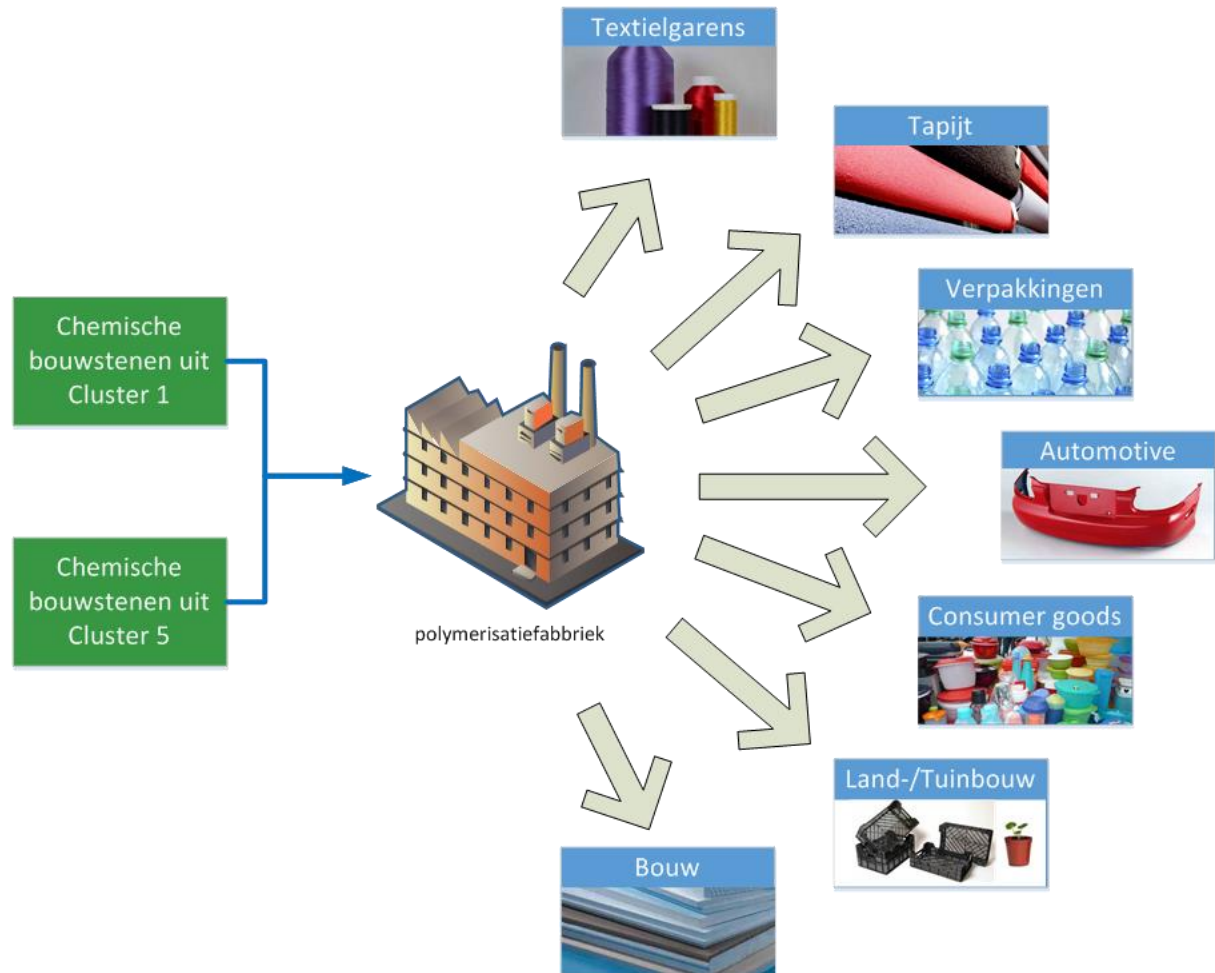
- *1,3-propaandiol*  
1,3-propaandiol kan worden geproduceerd uit suikers via fermentatie en ook uit glycerol. 1,3-propaandiol is basisgrondstof voor de productie van het polyester PTT. PTT is een interessante polyester voor de productie van een nieuwe generatie tapijten.
- *1,4-butaandiol*  
Kan via verschillende routes. Genomatica produceert BDO via directe fermentatie van suikers. Ook kan BDO verkregen worden door reductie van barnsteenzuur; een andere route is via ethanol en butadieen.
- *Isoftaalzuur*  
Isoftaalzuur wordt bij de productie van zogenaamd PET flessenpolymeer toegevoegd aan de polymerisatie in ordegrootte van 2%. Isoftaalzuur is te produceren uit C5 suikers (xylose) via methylfuraan. Het dichoride, isoftaloylchloride is één van de twee bouwstenen voor Nomex, brandwerende vezels.
- *Barnsteenzuur*  
Barnsteenzuur is een bouwsteen voor een nieuw materiaal (PBS een polyester die in blends gebruikt kan worden en een eigenschappenprofiel heeft dat lijkt op PP). Op dit moment wordt het door Reverdia (DSM en Roquette) in Italië en Succinity (BASF en Corbion Purac) geproduceerd.

Productie van één of meer van bovenstaande bouwstenen kan plaatsvinden in/naast het biomassacluster uit cluster 1. Een aantal processen is op chemische basis en een aantal processen is via fermentatie. Een fermentatiefabriek, met verschillende in de tijd uit te breiden mogelijkheden voor down stream processing zou flexibiliteit geven in het soort producten dat gemaakt kan worden. Aansluiting met het cluster in Emmen is in eerste instantie het meest voor de hand liggend via de bouwstenen voor PET (ethyleenglycol en tereftaalzuur).

Mogelijke vestiging van Avantium (zie cluster 5) in de Eemshaven, Delfzijl of Emmen zou een prachtige mogelijkheid geven om Emmen het centrum van de PEF productie en nacondensatie te maken.

Na polymeerproductie en nacondensatie in Emmen kan worden aangesloten op polymeerverwerkers. Dit kan in Emmen zelf de productie van garens zijn die vervolgens kunnen worden toegepast in volledig groen tapijt (tapijtcluster in Genemuiden), andere interessante industrieën zijn bijvoorbeeld de verpakkingindustrie, of andere toepassingen van vezels. De

groene polymeren sluiten goed aan op de groeiende marktvraag naar bioplastics, en dit cluster zal een sterke verbinding met de eindmarkten van consumentenproducten kunnen vormen (zie ook figuur 2).



**Figuur 2.** Aansluiting van cluster 6 bij de eindmarkten

#### *Welke grondstoffen zijn nodig?*

Het cluster bouwt voor een deel op koolhydraten, dus suikers of zetmeel, op termijn ook tweede generatie suikers uit (hemi)cellulose en glucose/fructose uit gras. Ook glycerol, restproduct uit de Sunoil biodiesel fabriek, is een interessante grondstof voor aantal producten.

Aromatische componenten kunnen worden geproduceerd uit hout of reststromen via hoge T processen, of ook uit suikers.

## Infrastructuur en technologie

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Polymerisatiecapaciteit en polymeerverwerking is aanwezig. Wat mist is de productie van de bouwstenen uit biomassa. Gelinkt aan de biomassaverwerkingsite uit cluster 1, moet productiecapaciteit (via fermentatie of chemie) worden neergezet. Productie van bouwstenen kan ook uit reststromen.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

Het produceren en verwerken van de polyesters is staande technologie want het zijn drop-in materialen. Het nieuwe zit hem in het produceren van de bouwstenen. Voor nieuwe bouwstenen liggen er interessante ontwikkelmogelijkheden om nieuwe materialen met een breed eigenschappenpalet te ontwikkelen die op basis van functionaliteit fossiele polymeren kunnen vervangen. Dit kan PEF zijn of PLA, of andere polyesters, maar ook PHA (cluster 8).

## Omvang

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

De beide polymerisatie reactoren (CPU's) in Emmen hebben ieder een capaciteit van 30 kton/jaar (op basis van PET flessenpolymeer). Voorzien wordt 1 CPU te gaan gebruiken voor de productie van nieuwe polyesters, de tweede CPU wordt voorzien voor de chemische recycling van PET. Naast deze twee beschikbare CPU's zijn voor de nacondensatie van polyester een tweetal continue nacondesatielijnen (NK's) beschikbaar, ieder ook met een capaciteit van elk 30 kton/jaar. Eén NK wordt gebruikt voor het upgraden van rPET.

Het streven is in eerste instantie om de bestaande capaciteiten van beide CPU's en NK's opnieuw te vullen. Dit vereist wel een investering om de CPU's te laten voldoen aan de huidige milieueisen.

(Nb als het gaat om polyesterproducten gaat het hierbij enkel en alleen over de inzet van de CPU's van Cumapol. DSM beschikt ook nog over vroegere BPU's van Diolen. DSM produceert op de BPU's PBT, TPE's (Arnitel) en PET, waaronder Arnitel ECO, de mogelijke interesse van DSM om aan te sluiten bij de groene ambities van Emmen zou moeten worden gepeild.)

Parallel hieraan is het verstandig om een pilotplant in te richten in Emmen van een kleinere schaal (circa 50 ton/jaar), zodat hoeveelheden in de orde van een big bag bioplastisch geproduceerd kunnen worden om uit te zetten bij potentiële afnemers. Op deze manier kan de marktontwikkeling van de biopolyesters ter hand worden genomen door het uitzetten van monsters bij potentiële afnemers. Dit vergt een investering van rond de 2 M€.

Wanneer de capaciteit van de CPU's gevuld raakt kan er op termijn eventueel een polymerisatieplant worden bijgebouwd, bijvoorbeeld op een schaal van 100 kton/jaar. Dit vergt een investering in de orde van 200 M€.

Dit cluster biedt de mogelijkheid om met weinig investeringen, door her-ingebruikname van de CPU van 30 kton en het inrichten van een pilotplant groene polymeren te produceren en af te zetten richting de bedrijven die consumentenproducten kunnen maken. Hiermee kan de



marktontwikkeling van de nieuwe materialen worde versterkt en wordt tevens een uitstraling richting markt en maatschappij bewerkstelligd.

Omzet voor een productie van 30 kton/jaar ligt rond  $30 * 3000 \text{ €} = 90 \text{ M€}$ . Daar komt de additionele omzet van potentiële afnemers bij op.

#### *Welk deel van de markt is te bedienen?*

Dit is afhankelijk van het te produceren product: de markt van PET is zeer groot, met een 30 kton/j fabriek 1,2 ethaandiol kan grofweg 100 kton/j PET worden geproduceerd, dit is een kleine 1% van de markt van gewone PET. De marktomvang van BioPET30 (waarbij dus alleen het diol biobased is) was in 2012 circa 550 kton (European Bioplastics). De verwachting is dat de omvang van de bioplasticsmarkt tot 2017 verviervoudigd. BioPET30 zal hier zeker een fors aandeel in hebben.

Een 100 kton polymelkzuurfabriek kan 11 % van de verwachte markt (850 kton/y in 2020) bedienen.

#### *Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

Voor 30 kton/y 1,2 ethaandiol (voor een 100 kton/jaar PET plant) is circa 50.000 ton aan fermenteerbare suikers nodig. Daarvoor is ongeveer 5.000 ha aan suikerbieten nodig. Dit is grofweg 6 % van het huidige Nederlandse areaal. De verwachting is dat het suikerbiet areaal de komende jaren zal toenemen door het verdwijnen van de suikerquota. In principe sluit ook een dergelijke schaal aan bij de potentiële Nederlandse grondstofproductie. In suikerbietenpulp zitten ook nog bruikbare suikers, circa 10% ten opzichte van de hoeveelheid suiker die wordt geproduceerd. Op termijn kunnen tweede generatiesuikers worden gebruikt, de grondstofbehoefte is niet limiterend voor dit cluster.

## **Bedreigingen**

#### *Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

De nieuwe materialen kunnen drop-in zijn, dan concurrer je tegen de olie-gebaseerde polymeren, en kan de prijs van het groene polymeer een probleem zijn. Voor nieuw te ontwikkelen materialen (denk aan PEF) moeten de toepassingen en de markten nog ontwikkeld worden. Vooralsnog worden met name voor de verpakkingmarkt de toepassingen gezocht (Coca-Cola, Danone en Alpla).

#### *Regelgeving?*

Toepassing van nieuwe materialen: bijvoorbeeld bij het verpakken van voedsel moet een materiaal goedgekeurd zijn voor contact met voedsel.

#### *Welke overige bedreigingen?*

Prijs van de grondstoffen is een issue. In USA wordt bijvoorbeeld melkzuur gemaakt uit GM mais, dat is relatief goedkoop. Ethyleenglycol wordt sinds 2 jaar niet meer in Europa gemaakt omdat schaliegas in de USA prijzen van 550 €/ ton mogelijk maakt.

Daarnaast is cluster 1 nog niet ontwikkeld en zijn er dus nog geen nieuwe biobased grondstoffen beschikbaar. Het is van belang om de ontwikkelingsfunctie van Emmen in de tussentijd te versterken.

### *Aan/afwezigheid van organiserend vermogen?*

Voor een deel van de keten is zeker organiserend vermogen aanwezig. Diverse activiteiten richting biobased PET worden ondernomen vanuit het eerdergenoemde StendenPRE en GreenPAC

Er moet echter geïnvesteerd worden in de productie van de bouwstenen, hiervoor moet een partij (of meerdere partijen) worden gevonden (cluster 1). Er is een zekere mate van onafhankelijkheid van de grondstoffen: bijvoorbeeld het cluster zou zowel met tereftaalzuur als met FDCA een ontwikkeling in kunnen gaan, dus er kan gebouwd worden op zowel een mogelijke komst van Avantium als mogelijke productie van PTA.

### *Is het cluster maatschappelijk acceptabel?*

Ja, bijvoorbeeld CocaCola maakt reclame met PlantBottle™, dit cluster genereert vergelijkbare concepten. Op termijn kunnen ook tweede generatie grondstoffen worden gebruikt.

## **Werkgelegenheid en duurzaamheid**

### *Hoeveel werkgelegenheid levert het cluster potentieel?*

Polymerisatie (CPU): 12 fte

Bij opstart van de polymerisatie (CPU): 2 fte extra

Verwerking: tot halffabrikaten: 15 fte (bijvoorbeeld het garensprengen is arbeidsintensief).

Totaal 29 fte direct, en naar verwachting in dezelfde orde indirect. Op termijn zal dit zeker verder worden uitgebreid, bij een verdere versterking van het biopolymeercluster.

Voor een pilotplant: 10 fte voor de plant en materiaalontwikkeling, 4 fte voor marktontwikkeling.

Voor een additionele grote plant 100 à 150 fte.

### *Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden?*

Voor PLA: vervanging van PET levert een besparing in uitstoot van ongeveer 3 ton CO<sub>2</sub> eq./ton product<sup>36</sup>, en per hectare ingezette landbouwgrond wordt ongeveer 32 ton CO<sub>2</sub> equivalenten aan uitstoot bespaard. PLA is een van de kunststoffen die een zeer hoge besparing in broeikasgasuitstoot geeft omdat de productie van PLA met zeer weinig verlies van massa gepaard gaat.

Het is vanzelfsprekend afhankelijk van de exacte keus voor de bouwstenen en het productieproces hoe de besparing uit zal vallen.

Wanneer we een vergelijkbare CO<sub>2</sub> besparing aannemen bij BioPET, betekent de vervanging van 30 kton PET door bioPET een besparing van 90 kton CO<sub>2</sub> equivalenten.

### *Hoe worden de complementaire stromen verwaard?*

Er zijn geen complementaire stromen, die zitten in de aanleverende clusters.

## **Investerings**

### *Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

In eerste instantie kan worden aangesloten op bestaande infrastructuur, maar de CPU's zullen moeten worden aangepast aan de milieueisen van deze tijd. Verder moet er zorg voor worden gedragen dat Emmen zijn ontwikkelingsfunctie kan behouden, onder andere met een kleine schaal pilotplant want de nieuwe bouwstenen zijn er vanzelfsprekend nog niet direct.

---

<sup>36</sup> Bos, Conijn et al., duurzaamheid van producten uit fermenteerbare suikers, [www.groenegrondstoffen.nl](http://www.groenegrondstoffen.nl).

Voor de pilotplant een investering van circa 2 M€  
Voor de aanpassing van de CPU's circa 1 M€  
Voor een additionele grote plant orde grootte 200 M€.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*  
In Emmen.

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in de cluster en hoe?*

- Een nieuw bedrijf/bestaand bedrijf in cluster 1 dat bouwstenen gaat maken.
- BioBTX, hebben de technologie in opschaling om biobased tereftaalzuur te maken, maar hier zou ook Avantium passen, als er geen PET maar PEF wordt geproduceerd.
- Cumapol in Emmen, hebben de continue polymerisatie reactoren (CPU's) en nacondensatiereactoren (NK's).
- DSM in Emmen, hebben de batch polymerisatie reactoren (BPU's).
- Morssinkhof Plastics kan spinnen op zogenaamde spinstrekkers.
- Kunststofverwerkers in de regio.

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe?*

Ontwikkeling en productie van nieuwe groene polymeren en polymere producten.

## **Met welke andere clusters zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Dit cluster sluit naadloos aan op cluster 1, en zal zonder cluster 1 niet van de grond komen.

## **Welke zwakte kan een struikelblok zijn**

Zal zonder cluster 1 niet van de grond komen.



## Cluster 7: Biocomposieten, proeftuin voor nieuwe materialen

Met input van Daan van Rooijen (StendenPre)

### Korte omschrijving

*Wat is de markt, hoe groot en waar?*

Composieten zijn materialen die over het algemeen bestaan uit vezels gecombineerd met een thermoplastische kunststof of een thermohardende hars. De vezels kunnen glasvezels zijn, maar de laatste jaren zijn er veel ontwikkelingen geweest in de richting van het gebruik van natuurlijke vezels, zoals vlas, hennep, stro en andere vezels.

De harsen die in composieten worden gebruikt zijn vaak onverzadigde polyesterharsen of epoxyharsen. Er zijn verschillende ontwikkelingen gaande om deze harsen meer biobased te maken. Bij de onverzadigde polyesters richt de ontwikkeling zich deels op het gebruiken van bouwstenen uit koolhydraten. Bij de epoxyharsen is veel ontwikkeling gaande op basis van natuurlijke oliën.

Composieten worden gebruikt om vormdelen voor bijvoorbeeld auto's en bussen, en grotere constructies, zoals bruggen en windturbinebladen, te produceren.

De composietenmarkt wereldwijd omvat ongeveer 9 Mton<sup>37</sup>, en is daarmee veel kleiner dan de markt voor thermoplastische kunststoffen (300 Mton).

Er worden verschillende technologieën gebruikt om composieten te maken, bijvoorbeeld: SMC (sheet moulding compound), waarbij relatief lange glas- of koolstofvezels (enkele centimeters) over een ondergrond van hars worden gestrooid, en vervolgens geïmpregneerd. De ontstane sheet kan worden uitgehard in een pers tot een vormdeel. Deze technologie is niet zonder meer toepasbaar voor natuurlijke vezels omdat deze lastig te strooien zijn. Het alternatief is om een non-woven vezelmat te gebruiken en deze te impregneren met hars of een mat te maken met een combinatie van natuurlijke vezels en thermoplastische vezels (bijv. PET) en deze tot een vormdeel te persen. Deze technologie wordt onder andere gebruikt in de automobiellindustrie. Hierin zijn Noord-Nederlandse bedrijven actief (o.a. Hempflax).

BMC (bulk moulding compound) waarbij glasvezels worden gemengd met een hars en vervolgens bijvoorbeeld via persen of spuitgieten verwerkt tot (meestal wat kleinere) onderdelen. In plaats van een hars kunnen glasvezels ook via extrusie worden gemengd met een thermoplast en worden gespuitsgiet tot een vormdeel. Deze technieken zijn ook toepasbaar voor natuurlijke vezels, en worden toegepast door verschillende partijen. Een probleem is dat natuurlijke vezels lastiger te verwerken zijn (lastig om ze in de extruder te krijgen). Bovendien zijn ze temperatuurgevoelig, waardoor ze niet zomaar met elke kunststof te verwerken zijn en waardoor het lastig is om goede mechanische eigenschappen te verkrijgen. Vergelijkbare materialen gevuld met hout(rest)vezels zijn al jaren op de markt en worden in bouwmaterialen gebruikt. Met dit soort materialen kunnen bijvoorbeeld ook profielen geëxtrudeerd worden. Hier zijn nieuwe ontwikkelingen gaande met als

---

<sup>37</sup> *Biocomposieten 2012, Martien van den Oever, Karin Molenveld en Harriëtte Bos, [www.groenegrondstoffen.nl](http://www.groenegrondstoffen.nl)*

doel om meer soorten natuurlijke restvezels (bijvoorbeeld paprikavezels, stro, maar ook de schevenfractie van hennep) te kunnen gebruiken.

Een derde vorm van composietmaterialen zijn de materialen met lange (continue) vezels. Hierbij worden glas- of koolstofvezels door een harsbad getrokken en in een profielmal getrokken (pultrusie) of op een rol of mal gewikkeld, waarna het composiet wordt uitgehard. Ook weefsels of legfels kunnen worden geïmpregneerd. Op deze manier zijn materialen te maken die zeer sterk en stijf zijn en bijvoorbeeld metaal kunnen vervangen in windmolens of vliegtuigen (de Stealth bommenwerper is uit koolstofcomposiet gemaakt). Eén van de uitdagingen is om de natuurlijke vezels, die niet continu zijn, te vormen tot de gewenste materialen. Een techniek die in ontwikkeling is en in principe veel ontwerpvrijheid geeft is het gebruik van slivers. Slivers zijn georiënteerde natuurlijke vezelbundels van een gedefinieerde lengte (ongeveer zo lang als de plant is), die met kunststofvezels of met kunststof folie tot een tape kunnen worden gemaakt. Hierdoor ontstaat een oneindig lint waarmee kan worden gewikkeld, gebreed, geweven, etc.. De designvrijheid die dit geeft maakt deze nieuwe materialen interessant voor toepassingen in de bouw (ter vervanging van hout). Met biokunststof vezels (bijvoorbeeld PLA of bioPET) kunnen op deze manier biobased composieten worden gemaakt. Ook biobased harsen die nu in ontwikkeling zijn kunnen in deze materialen worden ingezet.

Er is een aantal bedrijven in België, Frankrijk en Engeland dat sheets maakt uit sliver op basis van vlas. Deze producten zijn nieuw op de markt (laatste 2 à 3 jaar geïntroduceerd). Ook uit hennep zouden sheets of veel smallere slivers kunnen worden gemaakt.

*Op welke regionale sterktes/kansen speelt het cluster in?*

- Aanwezigheid van grondstoffen en op termijn naar verwachting biobased kunststofvezels (Emmen)
- Aanwezigheid van harsproductie en thermoplasten (DSM)
- Aanwezigheid van polymeerproductie (Morssinkhof, Inverko)
- Aanwezigheid van teelt van vezelgewassen en verwerkingscapaciteit.
- Aanwezigheid van composietbedrijven (o.a. Fokker en Ten Cate)
- Aanwezigheid van bedrijven uit de textielindustrie die machines kunnen ontwikkelen voor het verwerken van de nieuwe sliver-gebaseerde materialen.

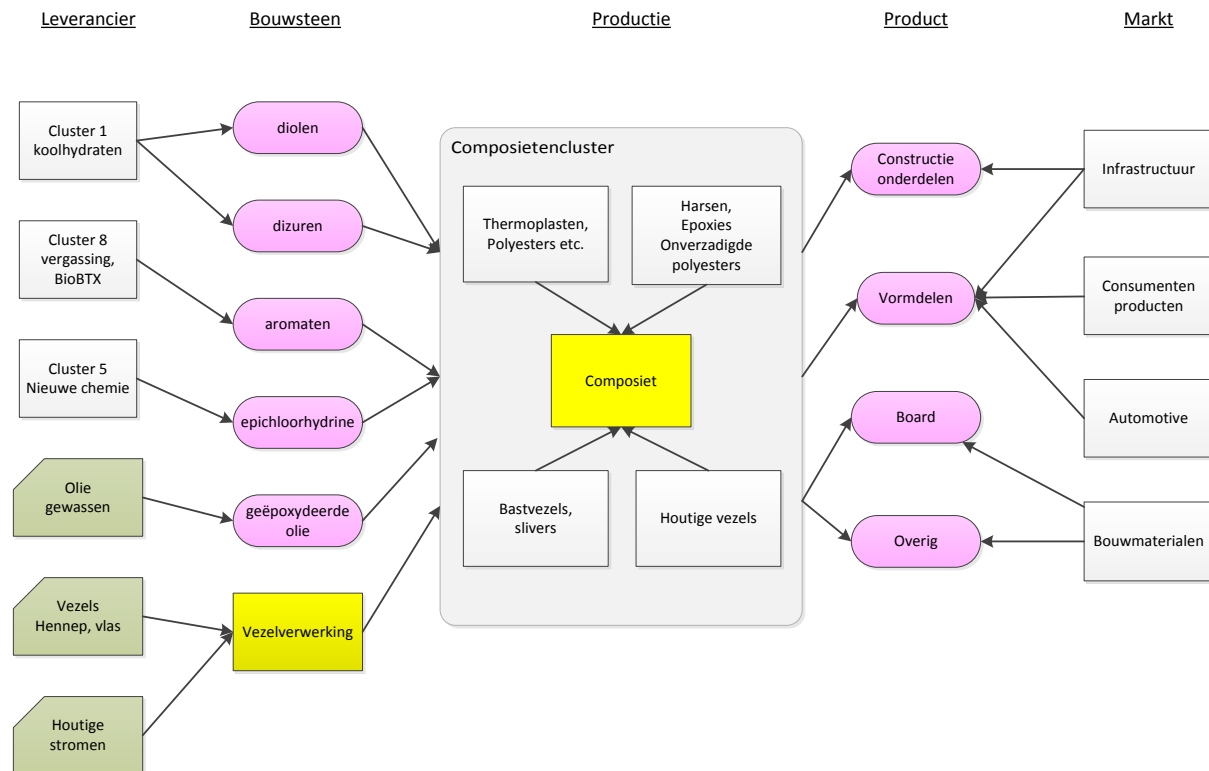
*Welke problemen worden nog meer opgelost?*

Verminderde beschikbaarheid en afnemende kwaliteit van hout in de bouw kan worden ondervangen met het beschikbaar komen van nieuwe materialen gebaseerd op de slivertechnologie.

*Hoe ziet de op te zetten keten/het cluster er globaal uit?*

Vezelproductie en verwerking specifiek voor toepassing in composietmaterialen kan worden opgezet in Noord-Nederland of in Noord-Duitsland. Kennis en ervaring met productie van hennep (en in mindere mate vlas) is voorhanden, productie van non-woven matten is voorhanden, maar de slivertechnologie zou voor hennep nog doorontwikkeld moeten worden tot commerciële productie. Productie van bouwstenen voor harssystemen en van de harssystemen voor thermoset composieten kan aansluiten bij cluster 1. Verschillende dizuren en dialcoholen zijn geschikt om toe

te passen in onverzadigde polyesters. DSM Zwolle kan hier een rol spelen. Dit wordt in deze studie niet verder uitgewerkt, maar zou apart kunnen worden opgepakt als spin-off van cluster 1.



**Figuur 1.** Schematische weergave van bouwstenen en producten

Wanneer de productie van bioplastics (bijvoorbeeld bioPET) in Emmen van de grond komt (cluster 6) kan het materiaal ook worden gesponnen met de in Emmen aanwezige kennis en infrastructuur. De slivertechnologie kan dan toegepast worden met een combinatie van natuurlijke vezels en bioplastic vezels en bioplastic granulaat en folies. Het beschikbaar komen van deze nieuwe materialen met natuurlijke vezels zal dan leiden tot de productie van verschillende soorten biocomposieten, voor nieuwe toepassingen. Bestaande composietproducenten maar zeker ook nieuwe kleinere bedrijven kunnen eindproducten gaan produceren voor verschillende markten. Wanneer in Delfzijl groene epichloorhydrine beschikbaar komt (cluster 5), kan deze worden ingezet voor (deels) biobased epoxysystemen. De restfractie van de vezels (scheven) kan worden ingezet voor het vullen van kunststoffen, en gebruikt voor bijvoorbeeld het extruderen van gevulde profielen.

#### *Welke grondstoffen zijn nodig?*

Vezels, restvezels, hennep of vlas.

Suikers of zetmeel (zie cluster 1), kan op termijn ook uit tweede-generatie suikers.

## Infrastructuur en technologie

*Welke benodigde infrastructuur is er en wat mist er?*

Natuurvezelproductie vindt plaats in Noord-Nederland. De slivertechnologie is in ontwikkeling, infrastructuur hiervoor is niet aanwezig. Infrastructuur voor de verwerking van tape tot product is er wel.

De productiecapaciteit voor kunststofvezels is aanwezig in Emmen, met de uitwerking van cluster 6 komen er ook op termijn biobased kunststofvezels beschikbaar, waardoor volledige biobased composieten mogelijk worden. Infrastructuur voor de productie van harsen (onverzadigde polyesters) is aanwezig. Nieuwe bouwstenen die ter beschikking komen uit cluster 1, 5 en 8 maken de productie van groene harsen en groene thermoharder composieten mogelijk.

*Wat is de stand van de benodigde technologie?*

- Nieuwe groene harsen zijn in ontwikkeling en komen langzamerhand op de markt.
- Biobased kunstvezels komen naar verwachting beschikbaar uit cluster 6.
- De productie van natuurvezeltape uit vlas wordt door verschillende buitenlandse bedrijven gedaan, voor hennep is deze in ontwikkeling. Andere manieren om natuurvezels te verwerken tot vormdelen (matten) en (extrusie)profielen zijn wel bestaande technologie.

## Omvang

*Wat is een realistische omvang (tonnen, omzet in €)?*

De composietproductie kan in eerste instantie kleinschalig op gang komen. Dergelijke technologie kan zeer goed door (kleine) MKB bedrijven worden gedaan. Op dit moment zijn al MKB-ers actief met de productie van natuurlijke vezelcomposieten. De schaal en aansluiting op de afzetmarkt is een punt van aandacht. Dit cluster is vooral een interessante uitbreiding op clusters 1 en 6.

Een mogelijkheid is om te starten met een vormdeel uit een legsel van hennepvezels uit de slivertape in combinatie met een groene hars, voor bijvoorbeeld toepassing in een auto of behuizing van een groter apparaat zoals een kopieermachine. Productie van een dergelijk vormdeel vindt plaats in een pers. De snelheid van productie is afhankelijk van de handeling en de snelheid van partiële uitharding van de hars. Een realistische productiesnelheid met één pers is circa 20 producten per uur, dus 160 per dag. Voor een vormdeel van 1 kilo met 50% vezel is dan 80 kg vezel per dag nodig en 80 kg hars. Bij de nieuwe generatie thermoplastische biocomposieten liggen de productiesnelheden 2 tot 3 maal hoger.

Bij 250 werkdagen is 20 ton vezel per jaar nodig. De opbrengst van hennep is circa 10 ton per hectare, waarvan 35% vezels is en 65% scheven. Voor 20 ton is dus circa 6 hectare hennep nodig. Dit is weinig ten opzichte van de 1000 ha die momenteel wordt geteeld. Grondstofvoorziening voor deze technologische ketens kan dus relatief eenvoudig worden vormgegeven. Wanneer een dergelijk vormdeel 15 € kost (harskosten 5 €/kg, vezelkosten 3€/kg, productie kosten 7 €/kg), wordt per jaar een omzet gedraaid met 1 pers van 600.000 €.

Een andere mogelijkheid is het starten met pultrusie waarin met een continu proces slivers en hars door profielmal worden getrokken. Productiesnelheden van 1 m per minuut zijn haalbaar en mallen kunnen een oppervlak van meerdere decimeters aan waardoor duizenden kilo's productie per dag per machine mogelijk is. 1 meter profiel van 15 euro kan dan per jaar met 2 ploegen en 200 dagen productie een omzet draaien van 2.9 miljoen euro.



*Welk deel van de markt is te bedienen?*

Een deel van de composietenmarkt kan worden vervangen op de middellange termijn, met name bij toepassingen waarbij op stijfheid wordt geconstrueerd. Interessant is dat er ook goede mogelijkheden liggen om in de houtmarkt toe te treden. Met name houten bouwmaterialen, multiplex en dergelijke zijn te vervangen met de nieuwe materialen.

*Hoeveel grondstoffen zijn nodig, en zijn die er?*

De grondstofvraag van dit cluster zal klein beginnen en langzaam toenemen (zie hierboven). Grondstofknelpunten zullen zich naar verwachting niet snel voordoen.

**Bedreigingen***Welke bedreigingen zijn er vanuit de markt, technologie en grondstoffen?*

De kwaliteit en duurzaamheid (vochtgevoeligheid, mechanische eigenschappen op de langere termijn etc.) van de composietmaterialen moet zich nog bewijzen.

*Regelgeving?*

Met name voor het toepassen van de nieuwe materialen in de bouw is een traject te volgen waarbij certificering en regelgeving een belemmering kan vormen.

*Welke overige bedreigingen?*

De kostprijs van de producten kan een bedreiging zijn. Er komen al producten uit China, bijvoorbeeld geperste bamboematerialen die ook in de bouw gebruikt kunnen worden. De toegevoegde waarde van de designvrijheid van de nieuwe technologie moet voldoende ruimte bieden om te concurreren tegen de alternatieven

*Is het cluster maatschappelijk acceptabel?*

Ja.

**Werkgelegenheid en duurzaamheid***Hoeveel werkgelegenheid levert het cluster potentieel?*

Vezeltape-productie kan starten met circa 3 fte, voor de kleinschalige productie van vormdelen zoals boven beschreven zouden circa 3 fte nodig zijn. Naast 2 fte voor niet-productieactiviteiten betekent dit circa 8 fte in eerste instantie. Bij verdere opschaling van de productie zal de hoeveelheid personeel ongeveer evenredig meegroeien. Een verviervoudiging van de capaciteit levert dan circa 30 fte. En dit kan zeker verder doorgroeien. Hiernaast zullen in de bioplastische vezels en groene harsproductie extra fte's kunnen worden ingezet door toenemende vraag. Nieuwe designmogelijkheden van de nieuwe materialen kan voor een dedicated ontwerpbureau ook 2 à 4 extra fte opleveren.

*Hoeveel CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt vermeden (totale cluster maar ook per ha indien mogelijk) en welke andere duurzaamheidsaspecten spelen een rol?*

De voornaamste winst in CO<sub>2</sub> uitstoot zit in het vervangen van de thermohardende harsen (niet verder uitgewerkt). Veel data zijn niet beschikbaar voor kwantificering. Vervanging van een deel van de onverzadigde polyester door een groene grondstof (in dit geval koolzaadolie dus anders dan in dit cluster voorgesteld) levert volgens een recente studie (ref bos conijn) circa 15 t CO<sub>2</sub> equivalenten vermeden uitstoot per hectare.

Daarnaast wordt bij de productie van natuurvezels veel minder CO<sub>2</sub> uitgestoten dan bij de productie van glas of koolstofvezels, recente openbare data zijn niet beschikbaar, maar uit een studie uit 1996 (Bladeco) kan worden afgeleid dat dit zo'n 85% minder is. De lagere sterkte eigenschappen van de natuurlijke vezels maken echter dikkere constructies noodzakelijk, waardoor deze winst weer deels (of geheel) teniet wordt gedaan. Dit is sterk afhankelijk van de toepassing en moeilijk te kwantificeren.

## **Investering**

*Hoeveel bedraagt globaal de benodigde investering?*

De benodigde investeringen hangen sterk af van de gekozen productietechnieken, maar bijvoorbeeld met SMC en BMC heb je matrijkskosten van tienduizenden euro's tot meerdere tonnen. Persen kosten vaak een paar miljoen. Bij thermoplastische composieten kan al wel met houten of aluminium mallen gewerkt worden van enkele duizenden euro's. Persen kosten daar meerdere tonnen. Met pultrusie kan je voor een paar tienduizend euro al een mal gebruiken. Een pultrusie lijn kost een paar ton. Met tapes kan je ook werken met Tape lay robots die thermoplastische tapes op vormdelen verwarmd kunnen leggen met zelfs houten vormmallen. Zo een robot kost ook meerdere tonnen.

Met andere woorden: met een investering in ordegrrootte € 500.000 à € 1.000.000 is voor een aantal ontwikkelrichtingen productie op te zetten.

*Waar kan deze het best neergezet worden?*

In Emmen omdat hier een ontwikkelkern op gebied van materiaalontwikkeling is. (StendenPRE en GreenPAC).

## **Bedrijven**

*Welke bestaande bedrijven passen in het cluster en hoe?*

- Wellicht Hempflax of Dunagro voor hennep.
- DSM hars en thermoplast productie.
- Morsinkhof, Inverko polymeerproductie.
- Fokker en Ten Cate, composietproductie.

*Welke nieuwe activiteiten zouden kunnen worden opgezet en hoe?*

Innovatief MKB zou verwerking tot SMC/BMC vormdelen of pultrusieprofielen kunnen opzetten

## **Met welke andere clusters zijn combinaties te maken die samen sterker zijn dan elk apart?**

Dit cluster sluit aan op clusters 1, 5 en 8 voor de productie van bouwstenen voor thermoplastische en thermohardende materialen, op cluster 6 voor de productie van thermoplastische vezels en op cluster 5 voor bijvoorbeeld de mogelijke productie van epichloorhydrine (voor epoxyharsen).

## **Welke zwakte kan een struikelblok zijn?**

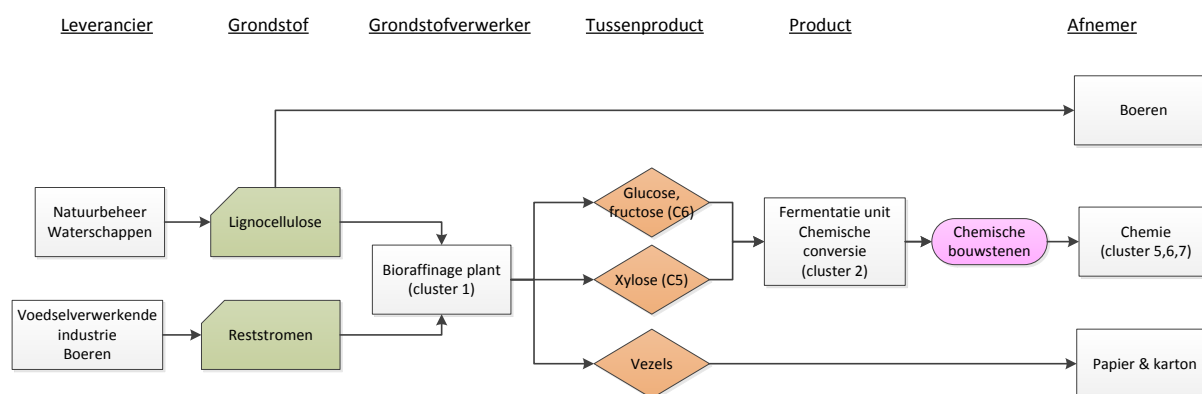
Dit cluster heeft niet veel last van de zwaktes van het gebied, de enige bedreiging kan een gebrek aan ondernemerschap zijn.

## Cluster 8: Waarde uit complementaire stromen, materiaaltoepassingen

Binnen dit cluster is een drietal voorbeelden uitgewerkt van de inzet van complementaire stromen voor materiaaltoepassingen. Hierbij is gekozen voor voorbeelden waar noordelijke spelers bij betrokken zijn. De voorbeelden zijn niet uitputtend, maar geven wel een goede indicatie van mogelijkheden die er zijn om reststromen hoogwaardig te benutten.

Een andere relevante speler die actief is bij het verwaarden van reststromen is BioBTX<sup>38</sup>, die een proces ontwikkelt om groene reststromen om te zetten in BTX. BTX is een mengsel van benzeen, toluen en xyleen. Dit zijn chemische basismoleculen die de basis vormen voor een scala aan bouwstenen en bijvoorbeeld op termijn de tereftaalzuur kunnen leveren voor cluster 6, of grondstoffen voor cluster 7.

### Alternatieve vezels voor papier en karton



#### 1. Korte omschrijving van de case, (grondstoffen, technologie, producten en stand van zaken)<sup>39</sup>

In Noord-Nederland zijn de volgende bedrijven actief op het gebied van papier en karton :

- Eska Graphic Board is producent en leverancier van topkwaliteit grafisch karton voor hardgebonden boeken, mappen, ringbanden, albums, ordners, spellen, puzzels, displays, showcards en luxe verpakkingen. In fabrieken in Hoogezand en Sappemeer staan drie geavanceerde kartonmachines en twee plakpapiermachines die zo'n 250.000 ton grafisch karton per jaar produceren. In Nederland werken bij Eska Graphic Board 350 mensen; in het buitenland zijn ongeveer 100 mensen werkzaam.
- Huhtamaki Nederland BV, gevestigd in Franeker, is een internationaal georiënteerde onderneming. Ze houdt zich bezig met de ontwikkeling, productie en verkoop van milieuvriendelijk verpakkingsmateriaal van vormkarton voor onder andere eieren, fruit, groenten en industriële producten. Huhtamaki Nederland heeft ruim 200 medewerkers
- Smurfit Kappa Solid Board produceert hoogwaardig massiefkarton voor hardcoverboeken, kantoorartikelen, puzzels en spellen, luxe kartonnage, displays, voedselplaatjes en verpakkingen voor verse producten. Er werken 480 mensen.

<sup>38</sup> [www.biobtx.nl](http://www.biobtx.nl)

<sup>39</sup> [www.vnp.nl](http://www.vnp.nl)

## 2. Hoe sluit het aan bij de noordelijke spelers, wie is betrokken

Zie 1<sup>40</sup>, maar ook suikerunie, Aviko, cosun, glastuinbouw.

## 3. Wat zijn de kansen (mogelijke omvang etc., wat voor keten kun je opzetten)

Eska Graphic Board, Huhtamaki en Smurfit Kappa zijn op zoek naar alternatieve vezels voor de productie van karton omdat de huidige grondstof (oud papier) steeds duurder wordt en om duurzame, innovatieve verpakkingen te ontwikkelen:

- Eska Graphic Board is aan het kijken naar de toepassing van grasvezels in hun karton.
- Smurfit Kappa Solid Board is erin geslaagd de vezels van tomatenplantstengels – nadat de tomatenoogst is beëindigd – te verwerken in nieuwe kartonnen verpakkingen waar weer tomaten in verpakt kunnen worden. Deze nieuwe verpakkingen worden na gebruik gerecycled en dienen als oudpapier nog vele malen als grondstof van nieuwe papieren toepassingen.
- Huhtamaki brengt een eierverpakking op de markt die voor een belangrijk deel bestaat uit grasvezels. De innovatieve grasverpakking is in oktober 2013 als pilot gelanceerd.

## 4. Wat kan het vervolgtraject zijn.

Naast de genoemde grondstoffen gras en tomatenstengels kunnen ook grondstoffen of reststromen van hennep en bietenteelt als mogelijk alternatief dienen. Daarnaast kan de inzet van alternatieve vezels voor karton mogelijk versneld worden als er meer kennis wordt opgebouwd over pulp geproduceerd uit alternatieve vezels.

## **PolyHydroxyAlkanoaten (PHA's) uit reststromen**

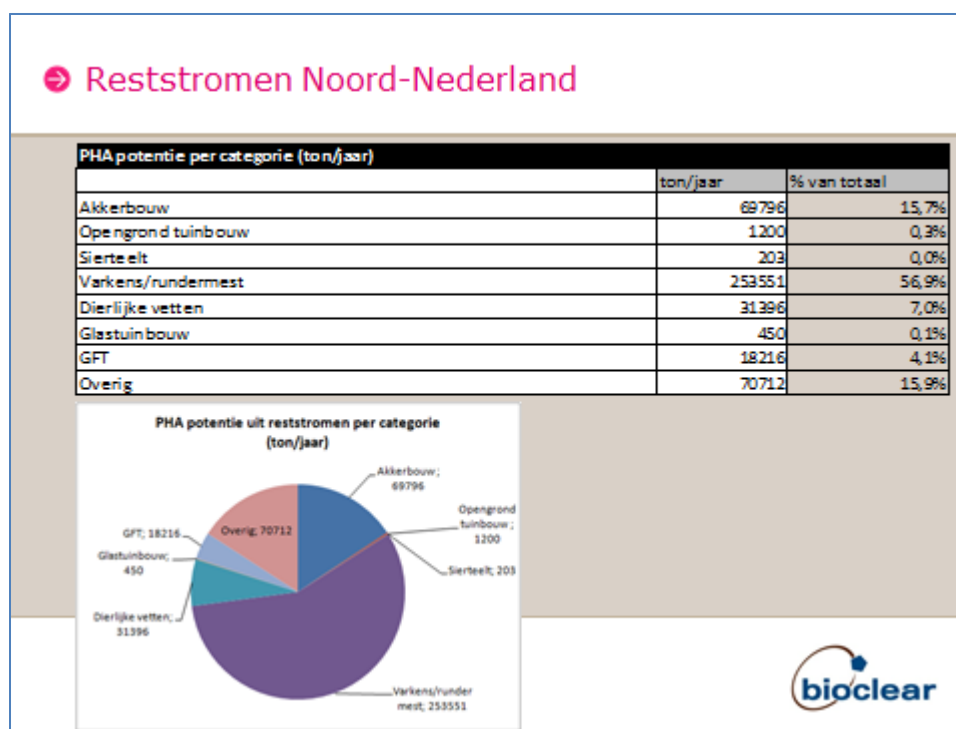
### 1. Korte omschrijving van de case, (grondstoffen, technologie, producten en stand van zaken)

Bioplastics gemaakt op basis van PolyHydroxyAlkanoaten (PHA's) bieden commerciële kansen. PHA's kunnen onder andere worden geproduceerd door bacteriën. Ze worden momenteel op beperkte commerciële schaal geproduceerd in onder andere de VS en Azië met pure glucose, zetmeel of plantaardige oliën als grondstof. Het interessante is echter dat ook waterige en heterogene reststromen kunnen worden gebruikt als grondstof. De micro-organismen die de PHA's produceren pikken hierbij als het ware de krenten uit de pap en zorgen daarmee voor een slimme omzetting én scheiding van laagwaardige en moeilijk te scheiden reststromen. Nederland heeft een sterke kennispositie op verschillende cruciale schakels in de waardeketen van PHA's.

Door Bioclear<sup>41</sup> is in het kader van het EDR-Agrobiopolymeren project een inschatting gemaakt van de hoeveelheid reststromen die in Noord-Nederland beschikbaar zijn uit de akkerbouw en tuinbouw en de hoeveelheid PHA die hier potentieel uit gemaakt zou kunnen worden. Een samenvatting hiervan is weergegeven in figuur:

<sup>40</sup> <http://www.dutchbiorefinerycluster.nl/themas/lignocellulose-als-grondstof>

<sup>41</sup> Maurice Henssen en Rik Winters, Bioclear b.v.: EDR-Agrobiopolymeren: beschikbaarheid agroreststromen in het EDR-gebied, presentatie, 10 juni 2014 in Dronten.



**Figuur 1:** Overzicht van mogelijke grondstoffen voor productie PHA uit reststromen in Noord-Nederland<sup>41</sup>

De eigenschappen van de PHA's zijn sterk afhankelijk van het type voedingsstof dat de micro-organismen aangeboden krijgen. Door te variëren met de voedingsstoffen kunnen veel verschillende type's PHA's worden geproduceerd. Een belangrijke functionele eigenschap van PHA's is dat micro-organismen ze kunnen afbreken in bijna elke omgeving (composteerbak, bodem en zee). Daarnaast zijn PHA's hydrofoob, en is het mogelijk materialen te produceren die een hoge gebruikstemperatuur hebben. Eigenschappen van een veel onderzocht PHA type; PolyHydroxyButyraat (PHB), zijn vergelijkbaar met onder meer polypropyleen en polyethyleen. Deze PHA's kunnen worden verwerkt op conventionele kunststofverwerkingsapparatuur. Er zijn echter ook PHA's die meer rubberachtig zijn en waar verf van gemaakt kan worden of die kunnen dienen als additief voor (bio-)plastics. Er zijn daarmee tal van toepassingsmogelijkheden voor PHA's: consumenten-, land- en tuinbouwproducten, catering, verpakkingsmaterialen, coatings en rubbers en hoogwaardige farmaceutische en medische producten.

Voor PHA wordt een toename in de wereldproductie verwacht van 19 kton in 2011 naar 145 kton in 2016. Hiermee is er echter nog steeds geen sprake van grootschalige commerciële productie, ondanks de grote belangstelling voor deze materialen. Te hoge kostprijs en te onstabiele productieprocessen en daaruit voortvloeiend onvoorspelbare eigenschappen zijn hiervan mede de oorzaak. Een mogelijke route om kostenreductie te bewerkstelligen is de productie van PHA's uit diverse heterogene typen afvalstromen, zoals afvalwater(slib) afkomstig uit rioolwaterzuiveringsinstallaties, industrieel afvalwater van de papierindustrie of van een bioraffinageplant. Hiermee zijn al veelbelovende resultaten bereikt, maar het is nog niet genoeg. Er

is nog geen productie en extractie op grote schaal en daarmee is ook nog te weinig bekend over eigenschappen en toepassingsmogelijkheden die op deze manier te behalen zijn.

Er zijn drie bottlenecks in PHA productie die opgelost moeten worden voordat een grote doorbraak in de markt bewerkstelligd kan worden:

1. De naar verwachting goedkopere productie uit de gemengde afvalstromen is nog in pilotfase, waardoor weinig tot geen materiaal beschikbaar is om toepassings- en marktontwikkeling mogelijk te maken (testen bij potentiële afnemers bijvoorbeeld).
2. De extractie van de PHA uit de micro-organismes wordt weliswaar commercieel gedaan maar hier zijn nog grote en noodzakelijke verbeteringen te behalen.
3. De toepassingsontwikkeling en productontwikkeling staan nog relatief in de kinderschoenen, er is nog veel te halen in het verder optimaliseren van de materiaaleigenschappen.



**Figuur 2:** Doosje op basis van PHA (Kaneka, uit *Bioplastics 2012*, [www.groenegrondstoffen.nl](http://www.groenegrondstoffen.nl))

### *2. Hoe sluit het aan bij de noordelijke spelers, wie is betrokken*

Verschillende Noordelijke spelers zijn actief met installaties op pilotschaal. Paques heeft een pilotplant die momenteel gerund wordt door TUD bij ESKA Graphic Board. Hier worden PHA's geproduceerd uit het afvalwater van de papierproductie. KNN trekt een pilotproject met onder andere AnoxKaldness in Friesland, waarbij bij het waterschap Friesland op basis van rioolwaterzuiverings-slib en GFT stromen PHA wordt geproduceerd. In principe kan ook het afvalwater van een toekomstige bioraffinageplant dienen als voeding voor PHA productie.

### *3. Wat zijn de kansen (mogelijke omvang etc., wat voor keten kun je opzetten)*

Er zijn zeker kansen voor de doorontwikkeling van PHA productie uit heterogene reststromen. Wanneer bovenstaande drie bottlenecks zijn opgelost kan op meerdere plaatsen op basis van waterige afvalstromen PHA productie ter hand worden genomen. De uiteindelijke schaal van de op te zetten productie is nog niet uitgekristalliseerd. De marktomvang van PHA's zal niet de bottleneck zijn, wanneer de eigenschappen van het materiaal verder geoptimaliseerd zijn.

#### 4. Wat kan het vervolgtraject zijn.

Belangrijk is om voor het creëren van een markt materiaal beschikbaar te maken om testen door eindafnemers te laten doen. Enthousiaste potentiële eindafnemers kunnen helpen de materiaaleigenschappen te optimaliseren, maar zijn ook noodzakelijk om een grotere schaal implementatie van de PHA productietechnologie van de grond te trekken.

### **Lignine het biopolymeer van de toekomst: case studie bitumen**<sup>42,43</sup>

#### 1. Inleiding

Lignine is een biopolymeer dat vooral in hout aanwezig is. Bijvoorbeeld een boom bestaat naast cellulose en hemi-cellulose voor ongeveer 30% uit lignine. Lignine wordt vooral verkregen wanneer ruwe houtvezels worden bewerkt om papier te maken. Het meest gebruikte proces om lignine uit hout te verwijderen is het zogenaamde 'kraft' proces. Jaarlijks wordt zo'n 50 miljoen ton lignine als nevenstroom van de papierindustrie mondiaal verkregen. Naast de papierindustrie zijn de laatste jaren ook andere processen ontwikkeld om lignine te verwijderen uit houtachtige materialen. Deze methoden zijn ontwikkeld om cellulose te isoleren voor bijvoorbeeld bio-ethanol productie uit de zogenaamde tweede generatie. De belangrijkste alternatieve methoden zijn het basische kookproces en het organosolv proces (hete alcohol/water extractie). Daarnaast zijn er vernieuwende methoden zoals bijvoorbeeld ontsluiten met behulp van Super-Heated Steam. Deze nieuwe technologie is snel en efficiënt en levert een nieuw type lignine op met verbeterde eigenschappen. Deze laatste methoden zijn in opkomst en hebben nog niet het volume van het 'kraft' proces bereikt maar hebben deze potentie wel.

Bitumen is het residu wat overblijft na raffinage van ruwe olie. De eigenschappen van bitumen zijn afhankelijk van de geografische oorsprong van de ruwe olie. De samenstelling van bitumen is een complex mengsel van koolwaterstoffen. Er zijn vier hoofdgroepen in bitumen te onderscheiden, namelijk de verzadigde (saturated) koolwaterstoffen, de aromatische koolwaterstoffen, de resins en de asfaltene. Deze vier groepen worden kortweg afgekort met SARA. Prijzen van bitumen schommelen mee met de prijs van ruwe olie en de trend in de markt is om zoveel mogelijk van de ruwe olie te raffineren tot brandstof. Dit betekent dat de hoeveelheid en kwaliteit van het residu van dag tot dag sterk kan verschillen. Hiernaast worden in Europa raffinaderijen gesloten, bijvoorbeeld in België, zodat de aanvoer van bitumen niet gegarandeerd kan worden. Om toch een constante kwaliteit bitumen te kunnen leveren worden aan bitumen mengsels van andere polymeren toegevoegd zoals SBS en ABP. Deze toegevoegde polymeren zijn flink aan de prijs. Bitumen wordt vooral gebruikt in asfalt als plakmiddel en bij dakbedekking.

#### Case:

Onderzoek is uitgevoerd door TNO om te bepalen of lignine als alternatief voor bitumen kan worden gebruikt en of lignine een bepaalde functionaliteit kan toevoegen aan het bitumen en op die manier als alternatief kan worden gebruikt voor de eerder genoemde prijzige polymeren. Gebleken is dat lignine en chemische derivaten van lignine in bitumen inderdaad een functionaliteit toevoegen, namelijk het verminderen van spoorvorming bij asfalt (het mengsel blijft harder bij hogere temperatuur) of juist elastischer bij lage temperatuur waardoor het asfalt in de winter beter van kwaliteit blijft. In beide gevallen wordt de levensduur van asfalt verlengd.

<sup>42</sup> Dit is een bijdrage van TNO, geschreven door Ted Slaghek

<sup>43</sup> Ook Wageningen UR ontplooit meerdere activiteiten op het gebied van lignine

*Belang voor Noord-Nederland:*

In Nederland wordt jaarlijks zo'n 500.000 ton bitumen gebruikt in de wegenbouw; in de Europa wordt jaarlijks zo'n 16 miljoen ton bitumen verwerkt. Dit betekent grote kansen voor lignine als alternatief in deze industriële sector. Bij het onderzoek is Icopal, een bedrijf dat in Noord-Nederland is gevestigd, betrokken. Icopal is een bitumen producent voor zowel dakbedekking als asfalt. Zij zijn zeer geïnteresseerd in groene alternatieven voor bitumen en zien deze ontwikkelingen als zeer veelbelovend. De kansen voor Noord-Nederland om als regio een belangrijke rol te gaan spelen zijn legio, namelijk zowel op het gebied van opwaarderen van lignine als grondstof en op het gebied van de chemische modificatie van lignine. Intrinsiek ligt er een markt van zeker 4 miljoen ton lignineproducten alleen al voor asfalt en dakbedekking. Het vervolgtraject van deze case is opschaling richting productieschaal. Hiernaast zullen in de nabije toekomst andere applicaties ontwikkeld worden voor lignine en chemische derivaten hiervan voor andere industriële toepassingen. Concluderend ligt er een kans voor Noord-Nederland om een belangrijke speler te worden in de ontwikkeling en grootschalige productie van lignine producten.



## **Cluster 9: Waarde uit complementaire stromen, calorische toepassingen en hoge temperatuur processen.**

In dit cluster<sup>44</sup> wordt een globale inventarisatie gegeven van de potentiële productie van energie uit de reststromen zoals aangegeven in Clusters 1 t/m 7 en wordt deze in perspectief geplaatst van de algemene energieopwekking in de regio Noord. Een belangrijke reden om de algemene energievoorziening mee in beschouwing te nemen is dat de grote energie-opwekkers de prijs bepalen en daarmee een referentie voor economische haalbaarheid van energie uit reststromen vormen. Verder hebben grote energie-opwekkingsinstallaties meestal veel restwarmte over die wordt weggekoeld, wat uit oogpunt van duurzaamheid en optimalisatie van energetische waardebenutting onwenselijk is, en waar nog optimalisatie op grote schaal kan plaatsvinden indien er gebruikers van restwarmte aangetrokken kunnen worden. Wellicht dat dit ten dele ook de bedrijven kunnen zijn die in Cluster 1 t/m 7 worden genoemd. Voor zover mogelijk zal dan ook niet alleen een inventarisatie van de reststromen worden gemaakt maar ook een warmtevraag uit Clusters 1 t/m 7 worden bepaald.

Cluster 9 is anders opgebouwd dan de overige clusters. Grofweg zal de structuur voor cluster 9 bestaan uit:

1. Eerst de bestaande (en aanstaande) grote energie-opwekkers in kaart brengen in Noord-Nederland inclusief eventuele restwarmte die theoretisch beschikbaar zou moeten zijn. Restwarmte wordt gezien als een potentie voor het aantrekken van bedrijven die warmte nodig hebben en het optimaliseren van het volledige brandstof-energiepotentieel. Warmte gebruik-optimalisatie en integratie kan ook ten goede komen van bedrijven zoals beschreven in clusters 1 t/m 7 in de Noord4Bio-studie.
2. Vervolgens de reststromen vermeld in Cluster 1 t/m 7 in kaart brengen, qua volume als potentiële brandstof. De reststromen uit clusters 1 t/m 7 worden beoordeeld op basis van a) de calorische inhoud, b) de (verwachte) organische en anorganische vervuiling in de reststromen en c) een kwalitatieve inschatting of deze stromen direct of na een opwerking te gebruiken zijn als brandstof.
3. Stand van zaken en wat is er nog nodig.

Alhoewel het voor het sluiten van kringlopen in ieder bedrijf op zich goed zou zijn de reststromen in te zetten voor (eigen) energieopwekking, kan het meer milieueffecten hebben en beter aan duurzaamheidscriteria voldoen indien er een energie/warmte-integratie over de hele regio plaatsvindt. Dit is eerder *gekwantificeerd* voor de Regio Zeeland door ECN maar maakt geen onderdeel uit van deze kleine inventarisatie. Wel kan er bij deze inventarisatie al rekening mee gehouden worden dat een uitgebreidere energie-optimalisatie in de toekomst gebruik kan maken van de nu verzamelde data.

---

<sup>44</sup> Dit is een bijdrage van ECN

### **Bestaande (en aanstaande) energie-opwekkers in de regio.**

Om de energieproductie uit reststromen niet apart te zetten van de overige energievoorziening en enigszins in perspectief te plaatsen is eerst gekeken naar de bestaande energievoorziening.

Dit biedt overigens ook nog veel kansen op het gebied van restwarmtebenutting. Dat is in 2012 ook al erkend als belangrijke pijler in een studie van DHV op verzoek van de gemeente Groningen.

“In het Masterplan Groningen Energieneutraal 2035 staat geschreven dat warmte één van de vijf sporen is om de ambitie van energieneutraliteit in 2035 te realiseren. De andere sporen zijn energiebesparing, windenergie, zonne-energie en energie uit biomassa. Via de twee sporen energiebesparing en warmte wil gemeente Groningen meer dan 50% van de doelstelling invullen. Uit: “DLV-studie Restwarmte-inventarisatie gemeente Groningen, 2012”.

Een van de uitkomsten is dat het restwarmtebestand binnen de gemeente al genoeg is voor een kwart van de woningenverwarming. Maar verreweg de grootste restwarmte-hoeveelheid komt van de grote E-bedrijven en installaties.

Hieronder een inventarisatie van de bedrijven in de regio.

#### NUON Magnum Eemshaven

- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT-1
- Status: Not operating
- MW: 437
- Efficiency: 58%
  
- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT-2
- Status: Not operating
- MW: 437
- Efficiency: 58%
  
- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT-3
- Status: Operating
- MW: 437
- Efficiency: 58%

#### GDF SUEZ Energie Nederland Eemshaven Eemscentrale EC20

- Fuel: Gas
- Tech. Type: GT
- Status: Not operating (1973-2013)
- MW: 695
- Efficiency: 46%

#### GDF SUEZ Energie Nederland Eemshaven Eemscentrale EC30

- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT

- Status: Operating (1996-2041)
- MW: 341
- Efficiency: 52%

GDF SUEZ Energie Nederland Eemshaven Eemscentrale EC40

- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT
- Status: Operating (1996-2041)
- MW: 341
- Efficiency: 52%

GDF SUEZ Energie Nederland Eemshaven Eemscentrale EC50

- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT
- Status: Operating (1996-2041)
- MW: 341
- Efficiency: 52%

GDF SUEZ Energie Nederland Eemshaven Eemscentrale EC60

- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT
- Status: Operating (1997-2042)
- MW: 341
- Efficiency: 52%

GDF SUEZ Energie Nederland Eemshaven Eemscentrale EC70

- Fuel: Gas
- Tech. Type: CCGT
- Status: Operating (1997-2042)
- MW: 341
- Efficiency: 52%

RWE grote Kolencentrale

Vertraging van de bouw van RWE Eemshaven met een half jaar in Mei 2014. Moet waarschijnlijk nog in bedrijf komen. Vertraging ontstond door een kapotte ketel. RWE heeft wel proef gedraaid ergens in april. Hierover ontstond veel commotie<sup>45</sup>. Er is nog wel wat gesteggel over vergunningen maar het is waarschijnlijk dat de centrale ergens in 2015 online komt.

Verder is er nog een Biomassa Centrale van ENECO Golden Raand in Delfzijl die in theorie ook potentie heeft om agro-residuen mee te stoken.

Als bij bovenstaande installaties gekeken wordt naar een installatiegrootte in MW en een efficiency naar elektriciteit dan kan een theoretische afschatting gemaakt worden van het restwarmte potentieel. Dit is enorm en zou potentie moeten bieden aan warmte-vragende processen.

---

<sup>45</sup> (<http://www.greenpeace.nl/2014/Nieuwsberichten/Klimaat--Energie/Kolencentrale-Waddenzee-moet-stoppen-met-roken/>)

Naast de gewone E-bedrijven zijn er ook nog vele bedrijven met eigen WKK installaties. Ook hier is nog potentie voor restwarmtegebruik en/of optimalisatie van de hele ketel. Enkele voorbeelden:

AVIKO eigen WKK: Biogas uit proceswater van aardappelflakes (Aviko Rixona installeert Upflow Anaerobe Sludge Blanket installatie volgens nieuwste normen):

<http://www.fluidsprocessing.nl/magazine/2012/FP2012-2p30.pdf>

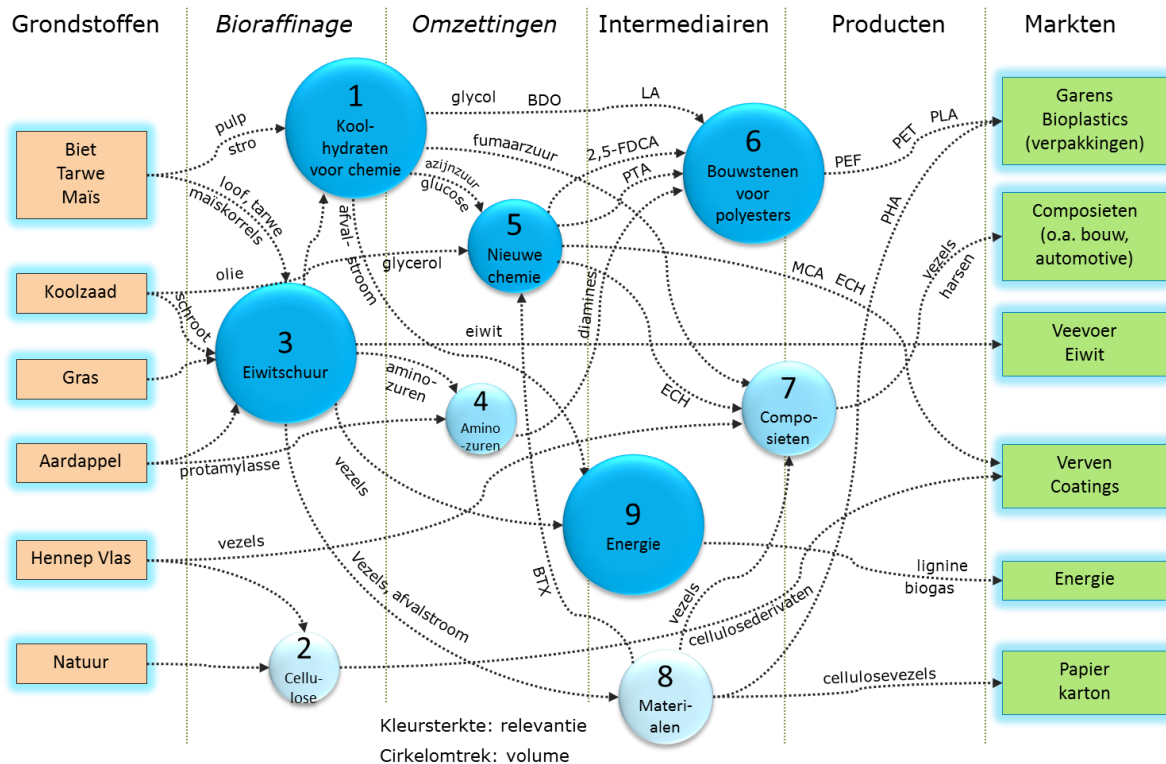
#### WAVIN eigen WKK

WAVIN WKK draait ook op biogas.

Waar nu bedrijfs-WKKs staan op biomassa is natuurlijk een potentie voor meestoken van andere bio-residuen. Het is nuttig om hier in een vervolg meer aandacht aan te besteden.

### Inventariseren potentiële brandstoffen Clusters 1 t/m 7

Zoals hieronder te zien, wordt vooral gedacht aan de reststromen uit cluster 1 en 3 om energie mee op te wekken. Hoewel de andere clusters (voor zover behandeld door andere partners) ook even de revue zullen passeren, ligt de nadruk hier op de reststromen van cluster 1 en 3.



**Figuur 1:** Samenhang van de clusters

#### Cluster 1 – Bio Raffinage voor koolhydraten en andere componenten

Voor energieopwekking komen er waarschijnlijk stromen vrij vanuit Natuurbeheer, de Waterschappen en de voedselverwerkende industrie in de vorm van lignocellulose en reststromen. In de suikerchemie zullen waarschijnlijk afvalproducten zoals *humines* gevormd worden die ingezet

kunnen worden voor de productie van *warmte/elektriciteit/chemicaliën*. Bij de verwerking van suikerbieten kan via de verwerking van het waswater en de bietenstaartjes via *vergisting* methaan worden gemaakt. Dit methaan kan worden ingezet voor de productie van andere energievormen. Het *digestaat kan wellicht vergast of verbrand* worden voor verder opwekking van energie.

De prognose is dat in 2030 de petrochemische industrie 25% van de grondstoffen vervangt door koolhydraten voor de productie van basischemicaliën. Hiervoor is 2-6Mton suiker per jaar nodig. De suikers kunnen uit suiker- en zetmeelrijke gewassen worden geïsoleerd. Met een gemiddeld suikergehalten van 72% droge stof en 95% isolatie-efficiency is dan 3.4-9.0 Mton per jaar nodig. Als lignocellulose wordt genomen als grondstof is er meer biomassa nodig. Met een gemiddeld suikergehalte van 60% droge stof en 80% isolatie-efficiency is dan 4.8 – 12.7 Mton per jaar nodig. Als granen worden gebruikt komt er ongeveer 650 kg lignocellulose per ton graan beschikbaar.

#### Kwalificatie reststromen voor energie-toepassing:

Van de genoemde reststromen hebben alle stromen naar verwachting voldoende calorische inhoud indien gedroogd. Echter, vrijwel alle stromen komen nat beschikbaar en bovendien aangerijkt met anorganische elementen van aanzurings- en neutralisatieprocessen. Alleen de methaanproductie bij vergisting van agro-residuen levert direct brandstof dat met beschikbare technologie opgewerkt kan worden als aardgas. Voor alle andere stromen geldt dat het verdampen van water waarschijnlijk meer energie kost dan het oplevert. Dit lijkt helemaal niet gunstig maar kan toch rendabel en energetisch gunstig zijn indien restwarmte gebruikt wordt die anders niet wordt benut. Aanwezigheid van elementen zoals Na, S en eventueel P kan wel tot grote problemen in conventionele (kolen) installaties leiden en daarom is het zinvoller stromen met dit soort elementen in een "dedicated stand-alone" installatie toe te passen. Huminestromen hebben waarschijnlijk nog een aanvullend probleem en dat is de verwerking van zeer viskeuze vloeistoffen. Het moet echter mogelijk zijn door verwarmde systemen dit probleem tot handelbare proporties terug te brengen, maar wel ten koste van extra energieverbruik.

#### *Cluster 3 – Eiwitschuur voor Nederlandse en Duitse veevoerders*

Nederland gebruikt ongeveer 4,8 Mton eiwit per jaar waarvan 2,6 Mton geïmporteerd wordt in de vorm van soja en de rest uit eigenbouw komt van gras en mais.

Het afvalproduct uit de veevoederindustrie is mest van het vee. Via de import van eiwitten worden ook mineralen geïmporteerd die bij het uitrijden in de bodem terecht komt. De mest moet waarschijnlijk op een andere manier verwerkt worden. Wellicht kan er energie van gemaakt worden (vergisten/vergassen/verbranden)

Er zijn verschillende bedrijven die zich bezig houden met de raffinage van gras en mais voor de productie van eiwitten zoals Grassa, ABC Kroos, HarvestaGG, Zeafuels, Mimosa, TCE-goFour. Sommige van deze bedrijven produceren naast eiwitten ook energiestromen zoals:

- HarvestaGG: verwerkt gras of bermgras tot eiwit (10% van ds), groen gas / BioLNG (50% van ds) en bodemverrijker (40% van ds).
- Zeafuels: verwerkt mais en/of tarwe tot eiwit (10% van ds), zetmeel (50% van ds), ethanol (20% van ds), maisolie (5% van ds) en kalium en fosfaat (5% van ds). De technologie om 10.000 ton maiskorrels te verwerken kan het best worden geschakeld aan een biogasinstallatie

van ca. 1 MW. De restwarmte is dan goed in te zetten om alcohol te destilleren tot een concentratie van 60%.

- Mimosa: verwerkt perskoeken uit de Duitse biodieselproductie tot eiwit (35% van ds), aminozuren (10% van ds), melkzuur (30% van ds), fosfaat en kalium (5% van ds) en elektriciteit-brandstof (20% van ds).

**Tabel 1.** toename kansen eiwit productie NN(Groningen, Friesland, Drenthe) en WE (Weser Ems).

	Huidige areaal		Huidige productie		Potentiële productie		Huidige en potentiële productie rest NL		Omvang extra omzet	
	NN kha	WE kha	2014NN Eiwit Mton	2014WE Eiwit Mton	2030NN Eiwit Mton	2030WE Eiwit Mton	14restNL Eiwit Mton	30restNL Eiwit Mton	NN M€ extra	WE M€ extra
Gras***	320	300	0.52	0.48	1.1	1.1	1.2	2.5	830	830
Maïs	50	465	0.05	0.193	0.05	0.465	0.25	0.25		100
Tarwe	73	260	0.073	0.26	0.073	0.26	0.13	0.13		
Biet	25	3	0	0	0.025	0.003	0	0.05	20	2.5
Koolzaad	2	13	0	0	0.002	0.013			1.5	10
<b>Totaal</b>	<b>470</b>	<b>1030</b>	<b>0.6</b>	<b>0.93</b>	<b>1.25</b>	<b>1.82</b>	<b>1.58</b>	<b>2.93</b>	<b>900</b>	<b>992</b>

\* In de tabel wordt gerekend met de Grassa-technologie omdat deze het hoogste percentage eiwit oplevert (zie vorige paragraaf).

\*\* Pootgoed in Nederland levert ook nog eens 2-3 ton ds loof van 10 000 ha in Noord Nederland.

#### Kwalificatie reststromen voor energietoepassing:

Indien geen anorganische hulpstoffen gebruikt worden voor bijvoorbeeld aanzuren en neutraliseren, hebben deze stromen een voordeel ten opzichte van de stromen onder cluster 1. Een belangrijk deel van de organische fractie kan dan direct vergist worden voor methaanproductie. Dit kan eventueel in combinatie met beschikbare mest. Ook kan de organische digestaatstroom dan als bodemverbeteraar worden uitgereden, i.p.v. eerst gedroogd te moeten worden voor verbranding. Het is aan te raden de verwerking van de nevenstromen direct mee in een businessmodel te nemen. De verwaarding van de nevenstromen levert dan voorwaarden op voor het proces zelf, maar dat is waarschijnlijk niet onoverkomelijk. Door alles natuurlijk te houden is methaan dan de enige energiestroom die wordt geproduceerd. Bij te grote meststromen kan een deel met (rest)warmte worden gedroogd om als meststof geëxporteerd te worden of eventueel als brandstof te dienen. Dit hangt af van de verschillende verhoudingen van volumes beschikbaar en de beschikbaarheid van restwarmte. Zoals te zien in de eerste paragraaf is er zoveel restwarmte door conventionele electriciteitsproducenten dat het drogen, theoretisch, geen belemmering zou moeten zijn.

#### *Cluster 4 – Aminozuren als grondstof voor de productie van (commodity) chemicals*

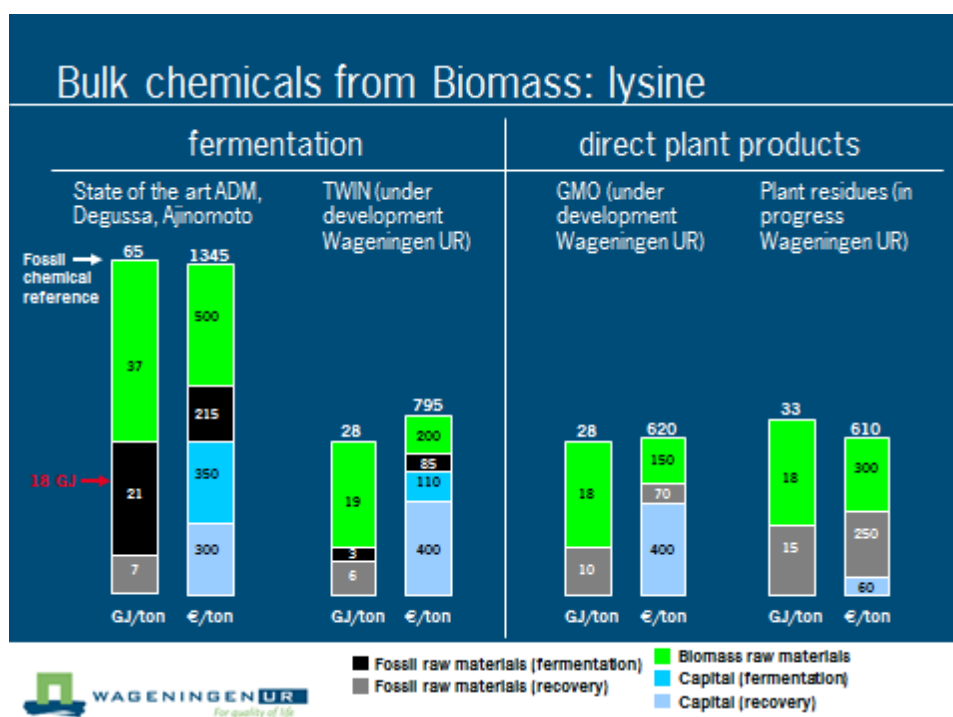
Aminozuren, de bouwstenen van eiwitten, behoren tot een groep van verbindingen die op termijn ingezet kunnen worden als grondstof voor de productie van een groot aantal chemicaliën welke nu langs petrochemische routes worden geproduceerd. Aminozuren zijn als grondstof interessant omdat zij, in tegenstelling tot de huidige petrochemische grondstoffen, reeds voorzien zijn van verschillende nuttige stikstof- dan wel zuurstofhoudende functionaliteit. Hierdoor worden energie-intensieve processen gericht op de inbouw van dergelijke functionaliteit zoals we die in de petrochemie kennen overbodig, en besparen we met deze grondstoffen op energie-input, maar zeker ook op kapitaalkosten. De bijdrage van cluster 4 aan de energie-cluster 9 is dus vooral te verwachten in de energiebesparing.

De huidige manier van het produceren van aminozuren loopt via aerobe fermentatie waarbij ieder aminozuur apart moet worden geproduceerd middels fermentatie, gevolgd door specifieke zuiveringstechnologieën.

Op/naast het fabrieksterrein van AVEBE kan door een consortium een scheidingsfabriek van aminozuren gebouwd worden. Dit consortium bestaat uit afnemers van aminozuren t.b.v. voeding, diervoeding en chemie. De markt is circa 300.000 ton op jaar basis. Een aantal aminozuren, op dit ogenblik een viertal, op enige termijn nog een groter aantal, kunnen worden verhandeld via de mengvoeder industrie. Agrifirm en ForFarmers Hendriks zijn de grootste in Nederland. In Duitsland over de grens is Lohmann actief.

Voor de productie van verschillende chemicaliën zijn doorgaans ook verschillende aminozuren nodig. Deze komen voor in verschillende primaire grondstoffen en reststromen:

Ca. 200.000 ton/jaar Protamylasse (geconcentreerd aardappelvruchtwater) van AVEBE en Emsland Staerke (WE); daarmee ca. 30.000 ton aminozuren per jaar, dus gemiddeld 1500 ton per aminozuur. (AVEBE heeft echter plannen om de helft van haar aardappelvruchtwater in biogas om te zetten omdat dit op dit ogenblik vanwege subsidies een goed verdienmodel oplevert.)



Bovenstaand plaatje laat de hoeveelheid fossiele en biomassa energie zien die nodig is voor de productie van aminozuren langs traditionele (aerobe fermentatie) route alsmede 3 nieuwe technologieën: anaerobe fermentatie (TWIN), GMO en de isolatie uit reststromen. De fossiele energie is al gauw een factor 2-3 lager dan de huidige fermentatie route.

*Cluster 5 – Bio-based chemie in Delfzijl*

Bedrijven als Avantium (mogelijk in de toekomst) of BioMCN. Hoeveel stoom, warmte, elektriciteit input is er nodig voor deze bedrijven. Wat voor energiestromen zijn er nodig?

Chemiepark Delfzijl:

1. BioMCN,
2. ChemCom,
3. AkzoNobel: zout
4. AkzoNobel: MEB
5. AkzoNobel: MCA
6. Lubrizol,
7. Delamine,
8. Peroxychem,
9. Zeolyst,
10. ESD-SiC,
11. Teijin Aramid,
12. Siniat,
13. North Refinery,
14. PPG,
15. DOW Benelux,

Van de chemiebedrijven zijn nog veel te weinig gegevens bekend om tot een goede afweging van energie-input en output te kunnen maken.

Als voorbeeld van de mogelijkheden is het geval van BioMCN zover uitgewerkt als met openbare gegevens mogelijk is.

BioMCN produceert op grote schaal Bio-Methanol uit Groen Gas en glycerine dat als restproduct vrijkomt bij de productie van biodiesel. Methanol kan worden bijgemengd aan benzine en wordt gezien als 2<sup>de</sup> generatie biofuel, maar kan ook afgezet worden als een biobased basis-chemicalie. Het Groen Gas wordt gekocht van de Suikerunie. Suikerunie produceert ongeveer 10 miljoen m<sup>3</sup> groen gas in het Groningse Vierverlaten. Groen gas wordt niet direct van Suikerunie afgenomen maar wordt opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in het gasnet.

De productiecapaciteit van BioMCN bedraagt ongeveer 400.000 ton/lijn (totaal 2 lijnen) methanol. Per lijn is ongeveer 400 miljoen m<sup>3</sup> per jaar aan groen gas nodig.

Voor methanolsynthese is de optimale H<sub>2</sub> : CO verhouding 2. BioMCN produceert syngas d.m.v. steam reforming van (groene) methaan, waardoor de H<sub>2</sub> : CO verhouding in theorie ongeveer 3 bedraagt. In principe is er dus voor de productie van methanol een koolstoftekort en blijft er waterstof over. Het is mogelijk voor BioMCN aantrekkelijker om direct gereinigd biogas te gebruiken i.p.v. methaan, omdat dit meer koolstof bevat (als CO<sub>2</sub>). Randvoorwaarde is dan wel dat het biogas in de omgeving van BioMCN geproduceerd wordt omdat voor het transport van biogas niet het bestaande aardgasnet gebruikt kan worden. Het is aan te bevelen om deze optie verder uit te werken.



BioMCN is betrokken bij het Woodspirit project. Dit project heeft tot doel om jaarlijks 1 – 1,5 miljoen ton hout om te zetten in 1 – 1,2 miljard m<sup>3</sup> biosyngas (CO/H<sub>2</sub>) t.b.v. de methanolsynthese. De startdatum van het project is voorzien in 2015-2016.

BioMCN biedt de mogelijkheid om grote hoeveelheden biomassa-residuen om te zetten naar bio-methanol met als tussenstap vergisting of vergassing. De huidige capaciteit lijkt voldoende ruimte te bieden voor grote hoeveelheden extra biomassa. Het biedt dan ook alle kansen voor de vergistingsopties uit de clusters 1 en 3 die naar methaan gaan.

#### Cluster 6 – Van bouwstenen naar polyesters en andere bioplastics

De suikerchemie heeft altijd afvalstromen waaruit waarschijnlijk energie gehaald kan worden.

#### Cluster 7 – Biocomposieten, en Cluster 2 - Cellulose

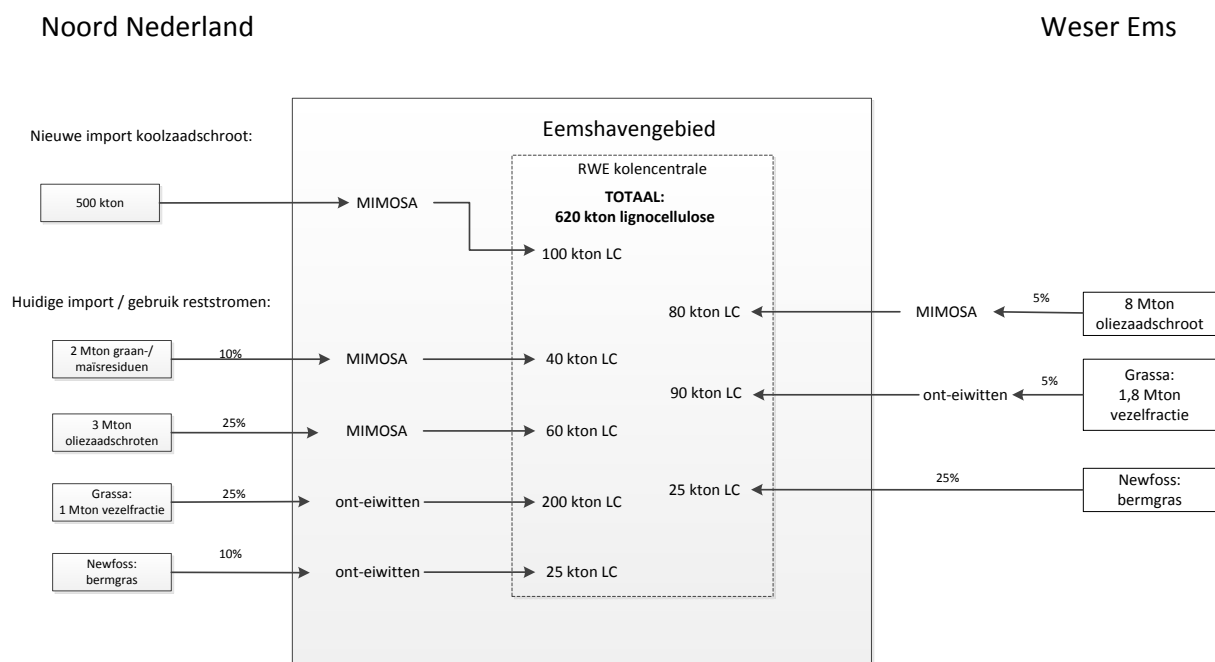
Idem cluster 6.

### Stand van zaken en verder onderzoek

#### Model voor gecombineerde beschikbaarheid restromen en energievoorziening door middel van bijstook kolencentrale

In de eerste plaats kunnen beschikbare volumes in kaart gebracht worden en vervolgens bekeken of de toelatingseisen van de E-centrale het gebruik voor energie-toepassing ook daadwerkelijk mogelijk maken. Stromen die zeker niet aan de toelatingseisen zullen voldoen zijn aangezuurde en geneutraliseerde stromen die in de gedroogde toestand meer dan 1 of een paar % Na, S en eventuele andere ongewenste anorganica bevatten. Sommige stromen, zoals bermgras zullen van nature hoge gehalten aan K en Si bevatten en het is van belang dat deze in de bewerkingsstappen naar producten tot een acceptabel niveau voor de kolencentrale zijn teruggebracht.

Hieronder is een eerste model van de WUR gegeven en wat nodig is voor vervolgwerk is het bekijken van de individuele stromen op de toelatingseisen van de E-centrale.



### Decentrale energie-toepassing

Indien stromen ongeschikt zijn voor vergisting (methaanproductie) maar ook niet voldoen aan de toelatingseisen van de E-centrale dan kan altijd nog decentraal een installatie voor energieproductie worden neergezet, maar voor deze installatie geldt dan evenzeer dat de probleemcomponenten mee in beschouwing moeten worden genomen. Een optie voor vervolgonderzoek zijn veel lagere temperatuurprocessen waarbij de anorganische elementen niet tot smeltvorming komen. Zo'n optie is lage temperatuur-vergassing voor energie en biochar-productie (energie plus koolstof-product) waar bij ECN op dit moment veel werk aan wordt verricht. Om tot kwalitatief goed bruikbare biochar-biocarbon producten te komen moeten nieuwe ontwerpen van stand-alone installaties worden bedacht om te voorkomen dat bijvoorbeeld teren en dioxines ontstaan en neerslaan op de koolstofproducten.

### Warmte-gebruik van grote E-bedrijven

Alhoewel het voor het sluiten van kringlopen in ieder bedrijf op zich goed zou zijn de reststromen in te zetten voor (eigen) energieopwekking, kan het meer milieu- effecten hebben en aan duurzaamheidscriteria voldoen indien er een energie/warmte-integratie over de hele regio plaatsvindt. Dit is eerder *gekwantificeerd* voor de Regio Zeeland door ECN maar maakt geen onderdeel uit van deze kleine inventarisatie. Wel kan er bij deze inventarisatie al rekening mee gehouden worden dat een uitgebreidere energie-optimalisatie in de toekomst gebruik kan maken van de nu verzamelde data.

De data uit onderdeel 9.1. laten zien dat de E-productie in de regio door grote installaties zodanig veel omvangrijker is dan de benodigde warmtevraag uit deze processen van reststroomverwerking kan zijn dat hier zeker een regionale energie-integratie-optimalisatie op zijn plaats is.

Het kan in de eerste plaats gaan om drogen van natte reststromen om primaire brandstof-input voor waterverdamping te vermijden. Met behulp van warmtepompen kan er op deze restwarmtestromen wellicht ook op een temperatuur energie worden verkregen die geschikt is voor processen in de verschillende clusters. Ook dit is een andere studie waard.

### Integratie van vergisting/methaan met bio-raffinage.

Naast de case van BioMCN moeten er ongetwijfeld meer synergetische voordelen te halen zijn uit biogas/methaan en raffinageprocessen. Vanwege gebrekkige publieke informatie is de interactie van cluster 1 en 3 met cluster 5 en de energievoorziening in cluster 9 eigenlijk niet gemaakt.



