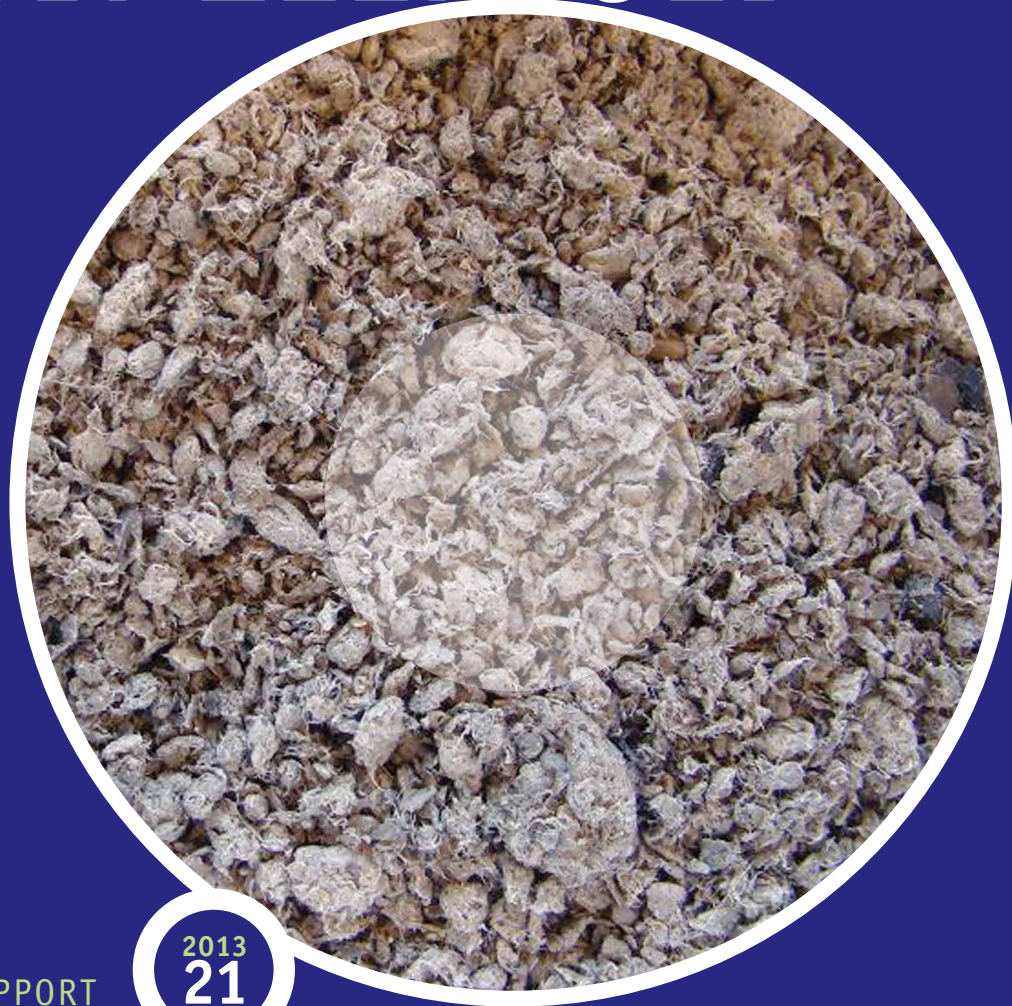


stowa

Grondstoffenfabriek

VEZELGRONDSTOF UIT ZEEFGOED



RAPPORT

2013
21

VEZELGRONDSTOF UIT ZEEFGOED

RAPPORT

2013
21

ISBN 978.90.5773.631.1



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

PROJECTUITVOERING

R. Winters (Bioclear)
E Pijlman (KNN)
G. Maathuis (Bioclear)
I. Dinkla (Bioclear)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

B. Bult (Waterschap Reest en Wieden)
R. van Dalen (Waterschap Vallei en Veluwe)
L. van Efferen (Waterschap Zuiderzeeland)
D. Koot (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
M. de Kreuk (Technische Universiteit Delft)
E. Majoor (Waterschap Velt en Vecht)
C. Ruiken (Waternet)
P. Schyns (Waterschap Rijn en IJssel)
I. van der Velde (Waterschap Reest en Wieden)
D. de Vente (Waterschap Regge en Dinkel)
M. Zandvoort (Waternet)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2013-21
ISBN 978.90.5773.631.1

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

SAMENVATTING

Zeefgoed is een celluloserijk materiaal dat verkregen wordt door het fijnzeven van rwzi-influent. Als onderdeel van het lopende onderzoek naar het effect van de introductie van fijnzeven op een rwzi is onderzoek gedaan naar de productie van een generiek toepasbare vezelgrondstof uit zeefgoed.

Productie van een vezelgrondstof uit zeefgoed draagt bij aan de ontwikkeling van een rwzi tot leverancier van grondstoffen, zoals binnen de sector wordt uitgewerkt in het kader van het initiatief de Grondstoffenfabriek. Cellulosevezels gewonnen uit zeefgoed worden verdeeld naar twee toepassingscategorieën, namelijk als vezelgrondstof, waarbij de vezel als zodanig wordt ingezet en als koolstofbron, waar cellulose wordt door middel van hydrolyse wordt 'geknipt' tot glucose.

Bij de ontwikkeling van nieuwe verwaardingsketens, zoals die voor zeefgoed, zijn bestaande kaders in belangrijke mate richtinggevend. In wettelijk opzicht is het ontwikkelen van een 'end-of-waste' status voor het zeefgoed met toepassingen buiten de papierindustrie de meest kansrijke route, waarbij gewerkt moet worden met een heldere vorm van hergebruik: de hergebruiker dient bekend te zijn. Gebaseerd op een verkenning van de LCA van zeefgoed lijkt hergebruik van zeefgoed als vezel in milieukundig opzicht de beste optie te zijn. Imago speelt bij hergebruik een dubbelrol: enerzijds geven diverse partijen aan dat de oorsprong van het materiaal bezwaarlijk is, terwijl voor andere partijen juist het aspect van hergebruik juist positief wordt gewaardeerd.

Zeefgoed is een cellulosemateriaal dat bestaat uit vrij lange vezels en dat sterk microbiologisch beladen is. Zeefgoed is gekarakteriseerd aan de hand van een aantal metingen. De cellulosefractie bestaat uit relatief lange vezels. Zeefgoed zoals dat van de zeef komt is zwaar beladen met micro-organismen, waaronder uiteenlopende humaan pathogene soorten. Het is aan te bevelen het materiaal niet onbeschermd te verwerken. Een drietal potentiële eindgebruikers is gevraagd de kwaliteitseisen van een grondstof afgeleid van zeefgoed te omschrijven. Op basis van de uitkomsten van deze interviews is een generiek profiel opgesteld voor de bewerking die het zeefgoed dient te ondergaan. Samengevat zijn alle potentiële eindgebruikers gebaat bij een (droge) vezel, die bij voorkeur ontdaan is van andere materialen en die hygiënisch schoon is.

De technieken om uit zeefgoed een schone, hygiënische grondstof te maken zijn voorhanden. Om tot een generieke vezelgrondstof te komen dient het materiaal gehygiëniseerd te worden en dienen andere materialen verwijderd te worden. Na afweging op basis van diverse factoren komen thermische behandeltechnieken naar voren als de meest kansrijke om zeefgoed te hygiëniseren. Microbiologische controles op experimentele batches geven aan dat autoclaveren zeer effectief is in het verwijderen van micro-organismen in het algemeen en van een representatieve selectie pathogenen in het bijzonder. Uit tests, uitgevoerd door externe partijen, blijkt dat zeefgoed met bestaande technologie uit de papier- en kartonindustrie (de technologie voor de 'stofvoorbereiding'; de opwerking van oud papier tot herbruikbare vezel) goed op te werken is tot een schone vezel. Wel dient de specifieke optimale configuratie van behandelingsstappen nog vastgesteld te worden.

Met name bij papierproducenten en afvalverwerkers is (tenminste) een deel van de apparatuur en benodigde voorzieningen aanwezig om deze bewerkingen uit te kunnen voeren. Ook locatiespecifieke factoren zoals beschikbare restwarmte kunnen mogelijk nuttig worden gebruikt in het beoogde opwerkingsproces, bijvoorbeeld ten behoeve van hygiënisering.

Het economisch perspectief van zeefgoed is goed. De kostprijs voor opwerking is concurrerend in vergelijking tot de oud-papiermarkt. De ketenontwikkeling is echter sterk afhankelijk van beschikbaarheid van zeefgoed. De ontwikkeling van het aanbod van zeefgoed wordt met name bepaald door de snelheid waarmee bij rwzi's fijnzeven geplaatst gaan worden. Voor de ontwikkeling van de markt kan overwogen worden aan te sluiten bij initiatieven op het gebied van gelijksoortige vezels, zoals die afkomstig van luiers. De kostprijs van zeefgoed is goed: de proceskosten die gemaakt moeten worden om tot voldoende kwaliteit te komen voor hergebruik is nagenoeg vergelijkbaar met die van het proces dat oud papier moet ondergaan om tot een schone vezelgrondstof te komen. Door het verwachte verschil in inkoopprijs, is cellulosevezel uit zeefgoed uiteindelijk goedkoper. Er zijn diverse markten die nadrukkelijk interesse hebben getoond in het zeefgoed als vervangende grondstof. Dat kan zijn in de vorm van vezel, maar ook in de vorm van koolstofbron voor productie van chemicaliën, of afgeleide producten. Niet al deze markten hebben voldoende volume om de maximale productie van zeefgoed af te zetten. Elk biedt echter, zeker op korte termijn, voldoende ruimte om als 'launching customer' te fungeren.

Op basis van de voorgaande bevindingen ligt een keten voor de verwaardiging van zeefgoed voor de hand die bestaat uit tenminste de elementen producent, verwerker en eindgebruiker. De middenpositie ontstaat door de wensen van de eindgebruikers en de relatief kleine schaal waarop de productie van zeefgoed plaats kan vinden: de opwerkingstechnologie is niet geschikt om op de schaal van een enkele rwzi rendabel ingezet te worden; bundeling van de productie van diverse rwzi's is nodig om tot voldoende schaalgrootte te komen.

Samengevat zijn er geen onoverkomelijke belemmeringen voor de verdere ontwikkeling van de verwaardigingsketen van het zeefgoed. Uit het onderzoek blijkt dat er een zowel technisch als economisch perspectiefvolle marktketen voor cellulosevezels uit zeefgoed te ontwikkelen is.

De belangrijkste aanbeveling is de ontwikkeling van deze waardeketen naar een hoger schaalniveau te brengen, zodat pilottests uitgevoerd kunnen worden op een industrieel representatief niveau, zowel met betrekking tot de opwerking, als met betrekking tot het hergebruik (maken van test- en demonstratiebatches van producten gebaseerd op de zeefgoedvezel). Daarnaast zal het onderzoek naar milieuaspecten en de economie van de keten verder uitgediept en gespecificeerd moeten worden.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

VEZELGRONDSTOF UIT ZEEFGOED

INHOUD

	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	ACHTERGROND EN ONDERZOEK	1
	1.1 Grondstoffenwinning in de watersector	1
	1.2 Scope en opzet onderzoek	2
	1.3 Leeswijzer	3
2	KADERS VOOR ONTWIKKELING	4
	2.1 Juridisch kader ketenontwikkeling	4
	2.1.1 Relevante wet- en regelgeving: juridische status zeefgoed	4
	2.1.2 Wenselijke status zeefgoed: End-of-Waste	5
	2.1.3 Proces voor toekenning	6
	2.1.4 Rol waterschappen: wettelijke kaders	7
	2.2 Milieu	8
	2.2.1 Twee systemen	8
	2.2.2 Life Cycle Analysis	9
	2.2.3 Eerste resultaten Life Cycle Analysis	10
	2.2.4 Milieu en economische waarde	11
	2.3 Imago en markt	11
	2.3.1 Twee richtingen	11
	2.3.2 Praktijksignalen	11

3	DEFINITIE KWALITEITEN	13
3.1	Karakterisering zeefgoed	13
3.1.1	Winning en opslag	13
3.1.2	Samenstelling en droge stof	13
3.1.3	Morfologie zeefgoed	14
3.2	Hygiëne	14
3.2.1	Kwantificering van het aantal micro-organismen	15
3.2.2	Screening	15
3.3	Gewenste grondstofkwaliteit	16
4	PROCESTECHNOLOGIE	19
4.1	Hygiëniseren	19
4.2	Zuiveren	20
4.3	Procestechnologie: opschaalbaarheid en beschikbaarheid	21
4.4	Conclusies	22
5	ECONOMIE	23
5.1	Aanbodontwikkeling	23
5.1.1	Kwantitatief	23
5.1.2	Continuïteit in kwaliteit	25
5.2	Kostprijs opwerking	26
5.2.1	Papierproces als referentie	26
5.2.2	Kanttekeningen	28
5.3	Afzetmarkt zeefgoedcellulose	28
5.3.1	Marktomvang	29
5.3.2	Waardebepaling	30
5.4	Conclusies marktperspectief	33
6	KETENONTWIKKELING	34
6.1	Technische keten	34
6.2	Economische en organisatorische aspecten	35
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	36
7.1	Conclusies	36
7.2	Aanbevelingen	37
8	BRONNEN	38
Bijlage 1	Resultaten analyses Kadant	39
Bijlage 2	Resultaten analyses papierindustrie	45
Bijlage 3	Kostprijsindicatie opwerking zeefgoed	50
Bijlage 4	Rapportage analyse microbiologie	51

1

ACHTERGROND EN ONDERZOEK

1.1 GRONDSTOFFENWINNING IN DE WATERSECTOR

WATERSECTOR EN BIOBASED ECONOMY

De waterschappen hebben sterke ambities ten aanzien van duurzaamheid. Het communale afvalwater dat door de waterschappen gezuiverd wordt levert op jaarbasis in Nederland zo'n 350.000 ton slib op. Het water en dit slib bevatten een aanzienlijk potentieel aan energie en bruikbare grondstoffen. Deze kunnen, eventueel na behandeling, worden ingezet als brandstof en/of grondstof. De uitwerking en uitvoering van deze ambities is voor een belangrijk deel ondergebracht in de daartoe opgerichte organen de Energiefabriek en de Grondstoffenfabriek.

De wens tot het beter benutten van deze potentie valt samen met een breder (maatschappelijk) streven naar de zogenaamde 'biobased economy'. In een biobased economy wordt beoogd fossiele bronnen te vervangen door biomassa-bronnen. Een voornaam discussiepunt bij de ontwikkeling van een biobased economy is het inzetten van (potentiële) voedselbronnen en ook bouwlanden voor de productie van met name energie en ook grondstoffen, ook wel geduid als de *food versus fuel* discussie. Steeds breder wordt onderkend dat gestreefd moet worden naar optimale benutting op basis van waarde-cascadering volgens de reeks (van hoog naar laag): voedsel, voeder, grondstof (inclusief nutriënten), energie. Op deze wijze wordt de intrinsieke waarde van een stof optimaal benut.

De waterschappen zetten al lang in op het benutten van het potentieel in slib en dan met name op energie, denk aan vergisting en verbranding. Zo langzamerhand wordt duidelijk dat winning van grondstoffen goed mogelijk is. De winning van grondstoffen uit slib kan een belangrijke bijdrage leveren aan de ontwikkeling naar een biobased economy. Fosfaat-terugwinning is een voorbeeld van de terugwinning van grondstoffen; de winning van cellulose lijkt ook veelbelovend door de inzet van fijnzeeftechnologie.

ZEEFGOEDVERWAARDING

Cellulose wordt uit afvalwater teruggewonnen als zeefgoed. Zeefgoed is een (rest)product dat geproduceerd wordt bij een fijnzeefproces. Fijnzeven (kunnen) worden ingezet om zwevend stof (niet-opgelost CZV) uit het rioolwater te verwijderen. Wanneer het geproduceerde zeefgoed van afval naar een marktrijpe grondstof kan worden getransformeerd levert dit een belangrijke bijdrage aan het verdienmodel voor fijnzeeftechnologie en aan verdere verduurzaming van de watersector.

In het kader van het effect van de introductie van fijnzeven op het functioneren van een RWZI is onderzoek gedaan naar toepassingsmogelijkheden van het zeefgoed. De uitkomsten van dat onderzoek zijn beschreven in STOWA-rapport 2012-07. Daaruit is naar voren gekomen dat diverse verwaardingsroutes perspectief bieden op hoogwaardig hergebruik. Het zeefgoed kan, ondermeer vanwege de oorsprong, echter niet zondermeer worden gebruikt: aanvul-

lende bewerkingen zijn nodig om te kunnen voldoen aan kwaliteitseisen ten aanzien van bijvoorbeeld zuiverheid, hygiëne en vochtgehalte. Ook kaderstellende zaken als wet- en regelgeving, imago en marktpotentie zijn in belangrijke mate bepalend voor de (on)mogelijkheden voor verwaarding van zeefgoed.

Om zeefgoed effectief als grondstof in te kunnen zetten, dient een overbruggende stap in de verwaardingsketen ontwikkeld te worden. Om dit deel van de keten te ontwikkelen hebben Bioclear en KNN het initiatief genomen tot het project waarvan dit de rapportage is.

1.2 SCOPE EN OPZET ONDERZOEK

Het streven binnen het onderzoek is het in beeld brengen en waar mogelijk ontwikkelen van hoogwaardige, duurzame en economisch waardevolle afzetroutes voor zeefgoed. Door afzetroutes te realiseren, wordt tevens toegevoegde waarde in het verdienmodel voor de inpassing van fijnzeeftechnologie op RWZI's gecreëerd. Het onderzoeksdoel is:

In kaart brengen hoe uit zeefgoed een geschikte marktrijpe vezelgrondstof te maken is, die voor uiteenlopende toepassingen ingezet kan worden.

In het voorgaande onderzoek (STOWA 2012-07) is een eerste verkenning uitgevoerd naar een aantal toepassingsmogelijkheden van het zeefgoed. De toepassing van zeefgoed kan naar drie niveaus worden ingedeeld, te weten: 1 energietoepassing, 2 koolstofbron, 3 volwaardige cellulosevezel.

Zoals aangegeven is het streven om een zo duurzaam mogelijk perspectief te ontwikkelen voor het zeefgoed. Dat houdt in dat we streven naar realistische ketenontwikkeling, nadrukkelijk op basis van economische grondslag. Uit de cascadering volgt dat inzetten op energietoepassing niet wenselijk is wanneer blijkt dat hogere verwaarding (ook economisch) mogelijk is. In dit onderzoek is ingezet op de routes van zeefgoedverwaarding als koolstofbron en als volwaardige cellulosevezel. Binnen het onderzoek heeft een verdieping plaatsgevonden ten aanzien van de meest veelbelovende ketens zoals geïdentificeerd in STOWA 2012-07, te weten:

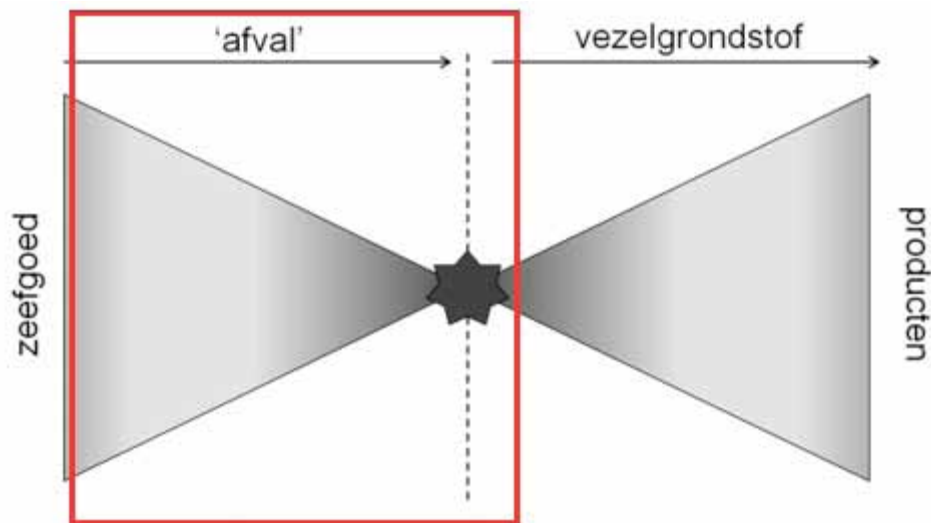
- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| 1 | Volwaardige cellulosevezel: | Afdruipremmer in asfalt |
| 2 | Volwaardige cellulosevezel: | Isolatiemateriaal |
| 3 | Koolstofbron: | Biobased chemicals (industriële suikers) |

De brede oriëntatie op de afzetmarkt is ingezet vanuit het streven te komen tot een optimaal stabiele afzetmarkt. Daarmee worden economische risico's in de uiteindelijke keten beperkt.

Het onderzoek is nadrukkelijk gericht op het deel van de keten waarin het zeefgoed van de fijnzeef afkomt tot aan de marktrijpe grondstof. In de figuur 1.1 is dit gesymboliseerd door middel van een trechterstructuur. De ster in het midden vertegenwoordigt de gewenste generieke marktrijpe grondstof. In een aantal marktafzetroutes zal nog bewerking van de vezelgrondstof plaats moeten vinden om te komen tot een (eind)product. De nadruk binnen dit onderzoek ligt op het deel tot het verkrijgen van een generieke vezelgrondstof. Dit is het deel van de keten waar voor alle waterschappen een gemeenschappelijk belang ligt. In de figuur is het deel waar de nadruk van het project ligt omkaderd met een rode lijn. Nadat een generieke vezelgrondstof is geproduceerd, kan zo nodig toepassingsspecifieke nabewerking plaatsvinden. De ontwikkeling hiervan ligt primair bij de eindgebruiker.

FIGUUR 1.1

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE ZEEFGOEDWAARDEKETEN. VANUIT EEN BREDE PRODUCTIEBASIS WORDT HET MATERIAAL OPGEWERKT TOT EEN EENVORMIG TUSSENPRODUCT (MIDDEN) DAT AFGEZET WORDT NAAR UITEENLOPENDE TOEPASSINGEN (RECHTS).



1.3 LEESWIJZER

Dit rapport is een 'werkrapport'. Het is een bijna volledige eindrapport, waarin de definitieve uitkomsten staan beschreven van het afgeronde onderzoek. Op dit moment loopt nog onderzoek naar de diverse toepassingen van zeefgoed. De uitkomsten van dat onderzoek worden opgenomen in het eindrapport van dit project.

Bij de ontwikkeling van economische ketens op basis van reststromen moet rekening gehouden worden met toepasselijke wet- en regelgeving. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de mogelijkheden en beperkingen die daaruit volgen en gaat in op aspecten van milieu, en de rol van hygiëne en imago van zeefgoed op de acceptatie door verwerkers en eindgebruikers. Hoofdstuk 3 gaat in op de eigenschappen van het zeefgoed en zet dit af tegen de door de eindgebruikers gewenste eigenschappen van de vezelgrondstof. In hoofdstuk 4 wordt nagegaan welke bewerkingen uitgevoerd moeten worden aan het zeefgoed om te kunnen voldoen aan de gewenste kwaliteitseisen. Het economisch perspectief van de opwerking van zeefgoed wordt uitgewerkt in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 plaatst de bevindingen uit de voorgaande hoofdstukken in een breder perspectief van de economische keten, waarbij ook gekeken wordt naar welke scenario's voor de hand liggen om de keten te organiseren. De conclusies en aanbevelingen worden beschreven in hoofdstuk 7.

2

KADERS VOOR ONTWIKKELING

Bij de ontwikkeling van nieuwe verwaardingsketen, zoals die voor zeefgoed, zijn bestaande kaders in belangrijke mate richtinggevend. In dit hoofdstuk worden de kaders beschouwd ten aanzien van de beoogde ontwikkeling. We stellen daarbij tevens vast waar de bottlenecks voor ontwikkeling zich bevinden en geven oplossingsrichtingen aan.

2.1 JURIDISCH KADER KETENONTWIKKELING

De inzet van fijnzeeftechnologie is een nieuw procesonderdeel in een rwzi. Het resulterende 'product' zeefgoed is daarmee ook nieuw. Het is daarom van belang in beeld te hebben hoe zeefgoed juridisch bestempeld wordt en welke juridische kaders van toepassing zijn. Op basis daarvan kunnen eventuele bottlenecks en oplossingsrichtingen geïdentificeerd worden.

2.1.1 RELEVANTE WET- EN REGELGEVING: JURIDISCHE STATUS ZEEFGOED

Ten aanzien van wet- en regelgeving rondom de status van zeefgoed zijn met name de Kaderrichtlijn Afvalstoffen, de Wet Milieubeheer en REACH relevant. Deze worden hieronder kort besproken in het licht van zeefgoedverwaarding.

Kaderrichtlijn afvalstoffen (Kra)

Europese richtlijn op het gebied van afvalstoffen. Deze richtlijn geeft definities voor afvalstoffen, nuttige toepassing en verwijdering. Hierin staat beschreven dat bij het verwerken van afval de gezondheid van de mens niet in gevaar wordt gebracht en het milieu niet wordt geschaad. De Kaderrichtlijn afvalstoffen vormt de basis voor het nationale afvalstoffenbeleid, zoals vastgelegd in de Wet milieubeheer en het landelijk afvalbeheerplan (LAP2) (SVA 2012). Relevante definities binnen de Kaderrichtlijn zijn:

Artikel 3. 15 „nuttige toepassing”:

elke handeling met als voornaamste resultaat dat afvalstoffen een nuttig doel dienen door hetzij in de betrokken installatie, hetzij in de ruimere economie andere materialen te vervangen die anders voor een specifieke functie zouden zijn gebruikt, of waardoor de afvalstof voor die functie wordt klaargemaakt.

Artikel 3. 16. „voorbereiding voor hergebruik”:

elke nuttige toepassing bestaande uit controleren, schoonmaken of repareren, waarbij producten of componenten van producten, die afvalstoffen zijn geworden, worden klaargemaakt zodat ze zullen worden hergebruikt zonder dat verdere voorbehandeling nodig is;

Artikel 3. 17. „recycling”:

elke nuttige toepassing waardoor afvalstoffen opnieuw worden bewerkt tot producten, materialen of stoffen, voor het oorspronkelijke doel of voor een ander doel. Dit omvat het opnieuw bewerken van organisch afval, maar het omvat niet energierecuperatie, noch het opnieuw bewerken tot materialen die bestemd zijn om te worden gebruikt als brandstof of als opvulmateriaal;

De wettelijke status van zeefgoed wordt volledig bepaald aan de hand van de Kaderrichtlijn Afvalstoffen. Wanneer zeefgoed uit het RWZI-influent wordt gewonnen dan is het te classificeren als een afvalstof:

„afvalstof”: elke stof of elk voorwerp waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen; Kaderrichtlijn Afvalstoffen (2008/98/EG; artikel 3.1)

Wet milieubeheer (Wm)

De Wet milieubeheer is sinds 2002 de belangrijkste Nederlandse milieuwet. Hoofdstuk 10 van deze wet gaat over afvalstoffen (sva, 2012). Volgens de definitie in artikel 1.1 van de Wet milieubeheer zijn afvalstoffen stoffen die voldoen aan bovenstaande beschrijving. Dit nationale beleid sluit dus aan op de Europese Kaderrichtlijn.

2.1.2 WENSELIJKE STATUS ZEEFGOED: END-OF-WASTE

Een als afvalstof aangemerkte stroom kent sterke beperkingen ten aanzien van gebruik, zeker wanneer hoogwaardige toepassingen gewenst zijn. Het ontdoen van de afvalstatus is dan ook wenselijk.

Een mogelijke route om de cellulosevezel uit zeefgoed (juridisch) te valoriseren is door het zeefgoed een behandeling voor nuttige toepassing te laten ondergaan waarbij ook wordt voldaan aan criteria die zijn opgesteld onder de volgende vier voorwaarden (zoals beschreven in de *Kaderrichtlijn Afvalstoffen 2008/98/EG; artikel 6*):

- de stof of het voorwerp wordt gebruikelijk toegepast voor specifieke doelen;
- er is een markt voor of vraag naar de stof of het voorwerp;
- de stof of het voorwerp voldoet aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen; en tevens
- het gebruik van de stof of het voorwerp heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.

Wanneer een afvalstof hieraan voldoet kan het als product aangemerkt worden. Daarmee valt het vervolgens ook onder de daarbij behorende regelgeving (e.g. REACH).

De Kaderrichtlijn Afvalstoffen (artikel 6.2) stelt dat voor een aantal veelgebruikte afvalstoffen specifieke End-of-Waste-criteria vastgesteld moeten worden: granulaten, papier, glas, metaal, banden en textiel. Voor deze specifieke groepen zijn vanuit de Europese Commissie al de eerste opzetten gegeven. De opzet van End-of-Waste-criteria voor papier lijken in eerste instantie nauw aan te sluiten bij de verwaarding van cellulose uit zeefgoed. Deze wordt hieronder beschouwd.

End-of-Waste criteria: Waste Paper

In maart 2011 is een final report voor de EoW-criteria voor waste paper uitgegeven. Deze uitgave heeft zich specifiek toegespitst op het hergebruik van papiervezels in de papierindustrie. *Het gebruik van vezels ten behoeve van overige toepassingen als isolatiemateriaal, energiebron of t.b.v. chemicaliën of afgeleide materialen valt hier nadrukkelijk buiten.*

Voor de toepassing van waste paper als input voor de papierindustrie wordt in dit document een aantal voorwaardelijke criteria gesteld. De volgende bronnen voor papierproductie zijn uitgesloten voor recycling vanwege het potentiële risico voor het milieu en de gezondheid:

- 'hazardous waste, including toxic materials'
- 'biowaste (organic waste including food or beverage waste)'
- 'mixed municipal waste'
- 'health care waste'
- 'used products of personal hygiene'

Aangezien zeefgoed moet worden aangemerkt als 'used products of personal hygiene', kan gesteld worden dat het vooralsnog uitgesloten is zeefgoed binnen deze end-of-waste criteria te recyclen en in te zetten als einde-afvalstof/grondstof in de reguliere papierindustrie. Op basis daarvan moet geconcludeerd worden dat de korte termijn kansen voor zeefgoed in andere markten gezocht moeten worden.

Voor de overige markten geldt dat specifieke voorwaarden van een End-of-Waste-status geformuleerd kunnen worden waar zeefgoedcellulose wel binnen valt. Dit lijkt op voorhand kansrijk.

2.1.3 PROCES VOOR TOEKENNING

Om zeefgoed als grondstof te kunnen inzetten dient dus minimaal aan het gestelde in art 6 van de Kaderrichtlijn Afvalstoffen te worden voldaan. Daartoe dient ontheffing aangevraagd te worden. De beoordeling daarvan zal geschieden op technische en economische grondslag.

Het zeefgoed moet een behandeling voor nuttige toepassing hebben ondergaan, waarbij de cellulosevezels worden teruggewonnen en zijn ontdaan van verontreinigingen. Het toepassen van reguliere technologieën is daarbij een pre, omdat deze een in de praktijk bewezen functionaliteit en kwaliteit hebben. Het is op basis daarvan raadzaam waar mogelijk aansluiting te zoeken bij bestaande industrieën in aanpalende sectoren.

Ten aanzien van de economische beoordeling dient aantoonbaar een duurzame economische afzetmarkt beschikbaar te zijn. Dit kan bijvoorbeeld door middel van een intentieverklaring van afnemende partijen.

Op voorhand lijkt ontheffing voor een aantal hergebruikroutes haalbaar. De gangbare route hierbij is dat een afnemer samen met de leverancier (in dit geval dus de gezamenlijke waterschappen) de ontheffing aanvraagt.

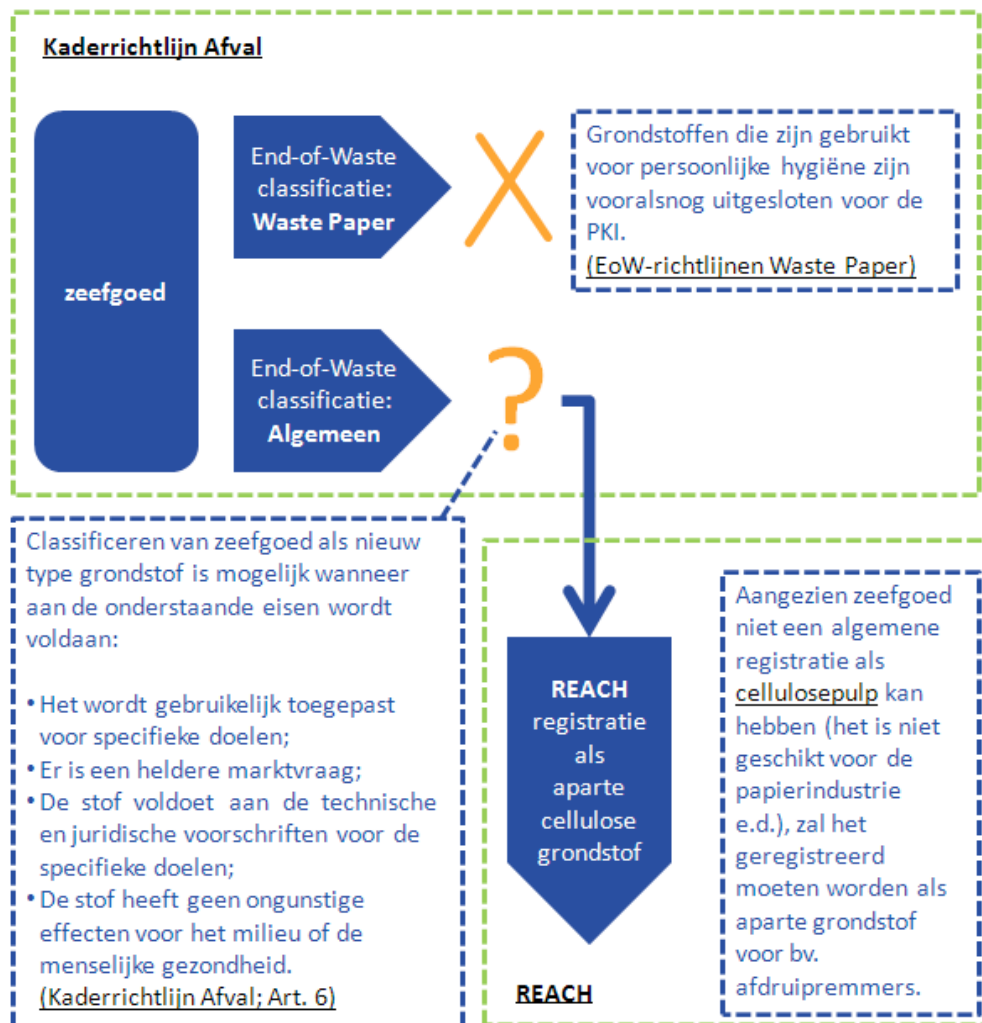
End of Waste en REACH

REACH¹ is niet van toepassing op afvalstoffen. Afvalstromen zijn immers geen zuivere stof, mengsel of voorwerp in de context van REACH (art 3). Wanneer er echter een product uit de afvalstroom wordt geproduceerd, zoals hiervoor beschreven, zal dit nieuwe product wel volgens de REACH-richtlijnen behandeld en geregistreerd moeten worden.

1 Sinds 1 juli 2007 is de REACH wetgeving vanuit de Europese Commissie in werking getreden (Verordening nr. 1907/2006). REACH staat voor Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals en omvat dan ook de registratie, evaluatie en toelating van chemische stoffen die in de Europese Unie geproduceerd of geïmporteerd worden. In de Nederlandse wetgeving zijn de REACH-verplichtingen opgenomen in hoofdstuk 9 van de Wet milieubeheer.

FIGUUR 2.1

SAMENVATTEND SCHEMA JURIDISCHE AFWEGINGEN



2.1.4 ROL WATERSCHAPPEN: WETTELIJKE KADERS

Naast dat de status van zeefgoed van belang is voor het mogelijk maken van het inzetten van zeefgoed als grondstof is ook de wettelijk vastgestelde positie van de waterschappen van belang. In hoeverre en op welke wijze is het waterschappen toegestaan te opereren als grondstofproducent of – leverancier? De waterschappen worden zelf producent en ontwikkelen daarmee mogelijk een commerciële activiteit in de vorm van het leveren van cellulosevezels. De vraag is of de productie en met name ook het verhandelen van grondstoffen binnen de wettelijke taakomschrijving van waterschappen past.

In het Stowa-rapport 2012-47 wordt beschreven wat staatsrechtelijke en Europeesrechtelijke randvoorwaarden zijn voor de verdere verduurzaming van de zuivering van afvalwater. Dit betreft ook de winning van energie en grondstoffen voor eigen gebruik en levering aan derden.

De winning van energie voor eigen gebruik stuit niet op staatsrechtelijke problemen. Voor de overige duurzaamheidsinitiatieven blijkt dit niet helder gespecificeerd. Daarom wordt aanbevolen het wettelijk kader aan te passen om risico's ten aanzien van de functionele taakstelling van de waterschappen en het specialiteitsbeginsel in de beheerwetgeving te minimaliseren. Het is echter denkbaar dat deze risico's in de praktijk meevallen en dat de waterschappen op

de ingezette weg voort kunnen gaan, zo wordt in het rapport gesteld. Voor zeefgoedverwaarding specifiek vergt dit nader onderzoek.

Onlangs heeft minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu zich in een brief aan de Tweede Kamer bijzonder positief uitgelaten over de duurzame activiteiten van de waterschappen. De minister heeft daarbij aangegeven dat waterschappen duurzame energie en grondstoffen aan derden mogen leveren in het kader van de uitvoering van hun wettelijke taken, mits daarbij wordt voldaan aan de regels van mededinging².

Een ontwikkeloptie is dat de waterschappen zich strikt beperken tot 'ontdoener van het zeefgoed', waarna een derde partij handelaar wordt van (cellulosevezels uit) zeefgoed. Een dergelijke constructie wordt bijvoorbeeld gebruikt door de drinkwaterbedrijven om de geproduceerde kalk te kunnen verwaarden. De drinkwaterbedrijven hebben daartoe een gezamenlijke besloten vennootschap opgericht (Reststoffenunie). Dit model lijkt een interessante optie te zijn voor waterschappen.

2.2 MILIEU

Energie- en grondstofwinning op een rwzi dient zowel een economisch als een milieukundig doel. De economische perspectieven van zeefgoedverwaarding worden onder 'Economie' nader besproken. Hieronder wordt kort ingegaan op de milieukundige aspecten van zeefgoedverwaarding.

2.2.1 TWEE SYSTEMEN

In het kader van te behalen milieudoelstellingen zoals MJA-3, NEWaterfabriek 2030 en het Klimaatakkoord UvW-Rijk is het van belang de effecten te kunnen kwantificeren. Een milieuanalyse wordt ingezet om onderbouwd inzicht te krijgen in:

- 1 Milieukundige veranderingen in de afvalwaterketen die plaatsvinden door het plaatsen van een fijnzeefinstallatie en het opwerken van geproduceerd zeefgoed.
- 2 De mogelijke vergroening van grondstofstromen voor afnemers van zeefgoed (en daarmee in de mogelijke extra economische waarde van het product).

Binnen de eerste analyse wordt de veronderstelling dat het onttrekken van zeefgoed aan de afvalwaterketen een positieve bijdrage kan leveren aan de milieu-impact van een rwzi beschouwd. Een fijnzeefinstallatie heeft hetzelfde rendement als een voorbezinktank, maar haalt voornamelijk cellulose uit het influent (zie STOWA 2010-19). De effecten van deze verandering in behandeling op de navolgende processen zijn nog onvoldoende duidelijk.

Binnen het tweede systeem wordt gekeken naar aanpalende ketens waar zeefgoed als grondstofsubstituut ingezet kan worden. In voorgaande studies (STOWA 2010-19, ECN 2009) is op energetisch niveau gekeken naar de afzet in energieopwekking. Hierin werd geconcludeerd dat op deze manier verwijderen en afzetten van zeefgoed waarschijnlijk energie bespaard kan worden, maar dat dit afhankelijk is van het hoeveelheid energie die uit zeefgoed gehaald kan worden. Naast de energetische beoordeling is het voor de bepaling van het uiteindelijke milieueffect van belang te kijken naar impactcategorieën zoals landgebruik of toxiciteit.

² www.uvw.nl

Binnen deze studie beschouwen we de toepassingen van het zeefgoed op productniveau: vezelmateriaal en koolstofbron. In toepassing als vezel zal zeefgoed veelal oud papier als grondstof vervangen. Oud papier en zeefgoed hebben beide te maken met verontreinigingen in de vorm van inkt, additieven en biologische verontreinigingen. Ook voor de toepassing als koolstofbron kan oud papier worden toegepast. Tot nu toe is het echter gebruikelijker om hiertoe biomassa bronnen aan te wenden zoals maïs (zetmeel) en suikerriet (suiker). Het opwerken van deze biomassa tot bruikbare koolstofbron vergt relatief veel energie ten opzichte van zeefgoed, omdat bij zeefgoed het energie-intensieve proces van lignineverwijdering reeds heeft plaatsgevonden.

2.2.2 LIFE CYCLE ANALYSIS

Een Levenscyclus Analyse³ (Life Cycle Analysis, LCA) is een methode om de milieuaspecten en -effecten van producten (dit kunnen zowel goederen als diensten zijn) te beschrijven en te kwantificeren. Om verdiept inzicht te krijgen in boven beschreven vraagstukken is dit een bruikbaar instrument.

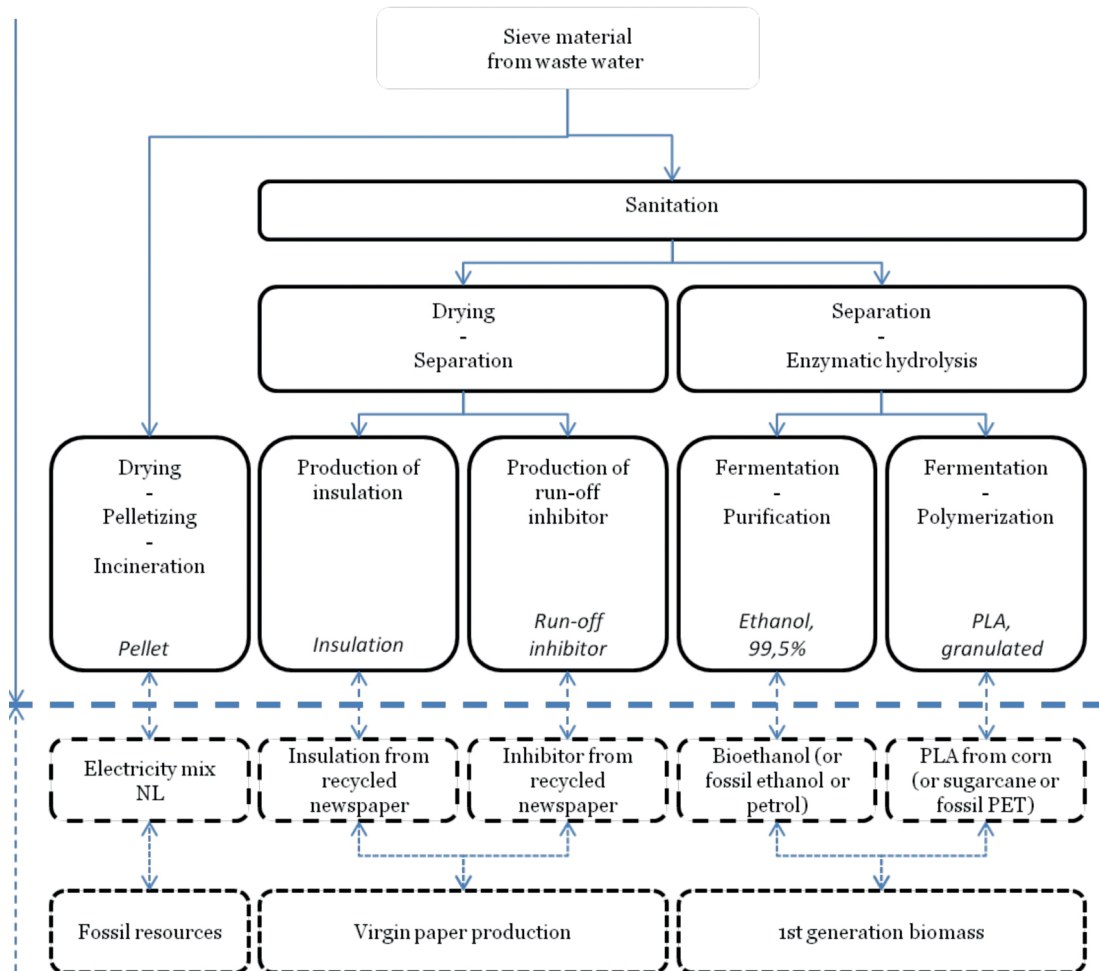
Men kijkt hierbij naar de gehele keten ('life cycle') van dit product, van ruwe grondstof extractie, via de gebruiksfase naar de afvalfase, een zogenaamde wieg tot graf analyse ('cradle to grave'). Door de alomvattende aanpak van een LCA wordt voorkomen dat sprake is van afwenteling naar bijvoorbeeld een andere fase in de levenscyclus, een andere regio of een ander product. Hierbij zijn de keuzes en aannames in systeemgrens, milieueffectcategorieën, functionele eenheid en databronnen bepalend. Deze dienen dan ook transparant in beeld gebracht te worden. Kortom een LCA kan een breed milieutechnisch inzicht geven in de volgende kwesties rondom zeefgoedverwaarding:

- 1 Verschil tussen de oude afvalwaterketen en de nieuwe situatie met implementatie van een fijnzeef,
- 2 Verschillen tussen de mogelijke afzetroutes met bijbehorende verwerkingsstappen onderling,
- 3 Verschillen tussen de huidige grondstoffen van de afzetroutes en zeefgoed als alternatieve grondstof.

³ Deze methode is gestandaardiseerd door de International Organisation for Standardization (ISO) in de standaardseries ISO 14040

FIGUUR 2.2 VOORBEELD VAN SYSTEEMONTWERP EN KADERS 'LCA ZEEFGOED ALS VEZELGRONDSTOF'

Produced



Replaced

2.2.3 EERSTE RESULTATEN LIFE CYCLE ANALYSIS

Op basis van de eerste inzichten⁴ lijkt het zeven en toepassen van zeefgoed beter te scoren dan het 'business as usual' (BAU: gebruik van voorbezinktank en reguliere slibverwerking). Dit resulteert namelijk in 25-80% primaire energiewinst.

Op het gebied van broeikasgasemissies zijn de resultaten vergelijkbaar, maar is de winst percentageel beperkter (25-50% t.o.v. het BAU-scenario).

Voor wat betreft de toepassing is zeefgoed als vezelgrondstof energetisch gezien het meest veelbelovend. De toepassing als koolstofbron scoort minder goed op primair energiegebruik. Deze toepassing scoort echter beter waar het gaat om een eco-indicator als landgebruik, doordat geen teelt noodzakelijk is in vergelijking met reguliere grondstoffen. Gesteld dient te worden dat aannames die gebruikt worden impact hebben op de uiteindelijke conclusies. Dit dient dan ook transparant te zijn. Nader onderzoek is noodzakelijk om de precieze milieueffecten van de verschillende systemen en verwaardingsroutes scherp in beeld te krijgen.

4 Verkennend onderzoek KNN Advies B.V.

2.2.4 MILIEU EN ECONOMISCHE WAARDE

Behalve dat LCA-scores een onderbouwd beeld geven van de bijdrage aan milieudoelstellingen van de waterschappen, geven deze scores tevens (indicatief) richting ten aanzien van de economische waarde van de te creëren keten op de langere termijn. Milieu-impact zal in toenemende mate worden doorberekend in de economische waarde van producten en diensten (denk bijvoorbeeld aan CO₂-taks en CO₂-prestatieladder).

2.3 IMAGO EN MARKT

Imago(vorming) is een wezenlijk onderdeel in de ontwikkeling van verwaardingsketens voor zeefgoed. De publieke acceptatie van zeefgoedhergebruik is voor een deel van de marktpartijen in de keten een voorwaarde om als afnemer/verwerker in de keten plaats te nemen.

2.3.1 TWEE RICHTINGEN

Imago rondom zeefgoedverwaarding heeft twee kanten. Aan de ene kant vormt imago een bedreiging voor de ontwikkeling van een verwaardingsketen. Met name onduidelijkheid over hygiëne en de link die mogelijk gelegd wordt naar de gebruiksfase van het materiaal kan belemmerend zijn. Dit leidt mogelijk tot maatschappelijke weerstand.

Daar staat tegenover dat het inzetten van afval als hernieuwbare (biobased) grondstof in de basis als duurzaam kan worden beschouwd. Dit past uitstekend binnen een toenemende (maatschappelijke) wens naar biobased grondstoffen die niet direct concurreren met voedseltoepassingen (de zogenaamde *food versus fuel* discussie). Met deze toenemende vraag neemt ook de interesse in het toepassen van reststromen als zeefgoed toe. Daarmee kan zeefgoedverwaarding in positieve zin onderscheidend zijn en als zodanig geprofileerd worden. Certificering en keurmerken zoals C2C en Milieukeur kunnen daarin bijdragen. Op basis van een LCA kunnen de (verwachte) voordelen transparant gekwantificeerd en gecommuniceerd worden.

2.3.2 PRAKTIJKSIGNALEN

Vooralsnog is de markt van (eind)gebruikers verdeeld. Dit sluit aan bij de hierboven beschreven richtingen. Enerzijds is men voorzichtig waar het gaat om toepassing van zeefgoedcellulose. Men ziet mogelijkheden vanuit technisch perspectief, maar ziet ook de mogelijke bezwaren. De potentiële maatschappelijke weerstand tegen de gebruik van het materiaal in verband met imago- en hygiënevraagstukken speelt daarin nadrukkelijk een rol.

Enkele van de potentiële afnemers geven aan dat voorgaande voor hen vooralsnog reden is voor terughoudendheid ten aanzien van openbare ontwikkeling van producten in hun portfolio. Dit geldt met name voor de grotere verenigde sectoren zoals de papierindustrie en chemische industrie. Op individueel niveau en in diverse nichemarkten wordt wat ruimer naar de mogelijkheden gekeken. Enkele bedrijven herkennen de waarde van zeefgoed als biobased grondstof met z'n bijbehorende voordelen.

In de afvalbranche is reeds sprake van een volwassen recyclingmarkt (denk aan glas, papier, metaal en in toenemende mate ook plastics en textiel). Dit is maatschappelijk geaccepteerd en zelfs wenselijk geacht. Op basis daarvan zijn de verwachtingen ten aanzien van zeefgoed positief. Om sturing te kunnen geven aan imago-ontwikkeling van zeefgoedverwaarding is proactieve marktbenadering wenselijk. De papierindustrie heeft een strategische tool ontwik-

keld om met een vergelijkbaar vraagstuk om te kunnen gaan⁵. Daarbij betreft het de inzet van alternatieve grondstoffen in de papierindustrie. Een vergelijkbare ontwikkeling lijkt ook voor zeefgoed bruikbaar.

5 VIZIER, Draagvlak voor nieuwe bronnen, Communicatietool Energietransitie Papierketen

3

DEFINITIE KWALITEITEN

Ter identificatie van de benodigde technologische processtappen is het technologisch definiëren van start- en eindpunt van wezenlijk belang. In dit hoofdstuk wordt beschreven welke eigenschappen het zeefgoed bij productie heeft. Vervolgens wordt beschreven aan welke eisen het behandelde zeefgoed moet voldoen om als grondstof geschikt te zijn voor een bepaalde afzetmarkt. Op basis daarvan wordt in het volgende hoofdstuk dieper ingegaan op welke procestechnologie ingezet dient te worden om de gewenste kwaliteit te verkrijgen.

In het kader van eerder uitgevoerd en lopend onderzoek zijn veel eigenschappen van het zeefgoed in kaart gebracht. Dit is gedaan aan de hand van zeefgoed dat wordt gewonnen met een pilotinstallatie op rwzi Blaricum (Waternet). Op deze locatie wordt gezeefd met een Salsness zeef met maaswijdte van 0,35 mm. Aanvullend is in dit project specifiek onderzoek gedaan naar de microbiologische aspecten van zeefgoed. Onderstaand is de beschikbare informatie gebundeld. Dit overzicht is een herhaling van en een uitbreiding op overzichten gegeven in eerdere rapporten over fijnzeven en zeefgoed (Stowa 2010-19, Stowa 2012-7).

3.1 KARAKTERISERING ZEEFGOED

3.1.1 WINNING EN OPSLAG

Zeefgoed wordt gewonnen door het fijnzeven van rwzi-influent nadat de grove delen afgescheiden zijn. Het materiaal is na persen een vochtige massa die doet denken aan papierpulp.

Zeefgoed bestaat hoofdzakelijk uit cellulosevezel. Op de zeefband en in het zeefgoed zoals het uit de zeefinstallatie komt zijn ook andere materialen zichtbaar. Het materiaal is nog niet eenduidig gekarakteriseerd. Visueel bestaat het voor het overgrote deel uit vezelmateriaal en voor het overige uit zaken als stukjes hout, etensresten, haren en zand.

Als het materiaal enige tijd bewaard wordt ontstaat een vrij penetrante geur die samenhangt met het optreden van anaerobe afbraakprocessen. Bij deze processen worden onder andere vluchtige vetzuren gevormd die zorgen voor de geur. Deze vetzuren worden gevormd uit organisch materiaal. Naar alle waarschijnlijkheid wordt niet de vezel afgebroken, maar met name de opgeloste stoffen (CZV) in het meekomende water.

3.1.2 SAMENSTELLING EN DROGE STOF

De ontwaterbaarheid is goed: na de pers achter de zeefband is het gehalte drogestof circa 25%. Met een beperkte inspanning, zoals een hogere persdruk of drogen met laagwaardige warmte kan een hogere mate van ontwatering gehaald worden. Met behulp van mechanisch ontwateren is een gehalte van 50% drogestof gehaald (in het laboratorium 64%; in de praktijk liggen de waarden lager). Verwacht wordt dat met droging in droogkassen een gehalte drogestof van 80-90% gehaald kan worden. Het aandeel niet-organisch materiaal is zeer laag: circa

8% van de drogestof is as. De calorische waarde (HHV) van zeefgoed is circa 17-18 MJ/kg ds, dit is vergelijkbaar met houtachtige brandstoffen. Bij 30,8% drogestof is de verbrandingswaarde circa 3,4 MJ/kg (verbrandingswaarde van 0,308 kg drogestof zeefgoed (LHV), verminderd met de verdampingswarmte van de 0,692 kg water).

In augustus 2011-oktober 2012 is een reeks monsters zeefgoed afkomstig van de installatie in Blaricum geanalyseerd op een aantal zware metalen. Deze gegevens (tabel 1) geven inzicht in de seizoensvariatie in de samenstelling van het materiaal. Overigens zijn met name zaken als gehalte drogestof afhankelijk van de karakteristieken van de gebruikte fijnzeefinstallatie.

TABEL 1 GEHALTE DROGESTOF EN ENKELE ZWARE METALEN IN ZEEFGOED, GEMIDDELDE WAARDEN OVER DE PERIODE AUGUSTUS 2011 – OKTOBER 2012 VAN 14 CIRCA MAANDELIJKS VERZAMELDE MONSTERS

		Gemiddelde waarde	Gemiddelde afwijking
Drogestof	%	21,5	4,3
Asgehalte	% van ds	7,6	2,1
As ¹	*10 ⁻² mg/kg	2,3	0,8
Cd ²	*10 ⁻² mg/kg	0,43	0,13
Cr ³	*10 ⁻² mg/kg	7,6	4,2
Cu	*10 ⁻² mg/kg	85,9	23,1
Hg ⁴	*10 ⁻² mg/kg	0,31	0,20
Pb	*10 ⁻² mg/kg	36,1	19,4
Ni ⁵	*10 ⁻² mg/kg	4,46	1,85
Zn	*10 ⁻² mg/kg	336	118

1. As: gemiddelde van twee waarden boven detectielimiet

2. Cd: gemiddelde van vier waarden boven detectielimiet

3. Cr: gemiddelde van 13 waarden boven detectielimiet

4. Hg: gemiddelde van 11 waarden boven detectielimiet

5. Ni: gemiddelde van 13 waarden boven detectielimiet

Van de meeste metalen komen de waarden niet of nauwelijks boven de detectielimiet uit. Alleen van koper, lood en zink zijn de waarden in alle gevallen hoger dan de detectielimiet en alleen voor zink worden waarden gevonden die hoger zijn dan 1 mg/kg (ppm).

3.1.3 MORFOLOGIE ZEEFGOED

De lange vezels zijn in overeenstemming met metingen uitgevoerd door Kadant (bijlage 1), waarbij microscopisch is vastgesteld dat het om lange vezels gaat. Dit is bevestigd door een potentiële ketenpartij (bijlage 2). Bovendien is door laatstgenoemde een hoge ontwaterbaarheid gemeten, wat typerend is voor lange vezels met een lage 'maalgraad' (meting conform de norm TAPPI T-277 om-99). Een lage maalgraad is ook indicatief voor een lage vertakkingsgraad van de vezel: de hoofdvezel is weinig fijn vertakt. Opmerkelijk is dat verpulpt toiletpapier een hogere maalgraad heeft. Dit kan het gevolg zijn van verschil in kwaliteit tussen het zeefgoed en het gebruikte toiletpapier, maar mogelijk ook van processen die optreden tijdens het verblijf in het riool.

3.2 HYGIËNE

Zeefgoed heeft een uitermate onhygiënische oorsprong, wat aanleiding geeft te verwachten dat het materiaal besmet zal zijn met veel en uiteenlopende micro-organismen.

De snelle vorming van vluchtige vetzuren wanneer zeefgoed wordt opgeslagen is een duidelijke aanwijzing dat dit inderdaad het geval is.

Om de aanwezigheid van micro-organismen kwalitatief en kwantitatief beter in beeld te krijgen is een tweetal analyses uitgevoerd: een kwantificering van het aantal micro-organismen en een screening gericht op de aanwezigheid van specifieke soorten. Een volledige rapportage van de uitgevoerde metingen is te vinden in bijlage 4.

3.2.1 KWANTIFICERING VAN HET AANTAL MICRO-ORGANISMEN

De aantallen micro-organismen zijn bepaald gebruik makend van Q-PCR. Dit is een techniek waarbij op basis van DNA de aanwezigheid van micro-organismen gekwantificeerd wordt. Door een geschikte keuze van de gebruikte analyse kan de gemeten groep breder of smaller gekozen worden. Voor de meting is gewerkt met een zeer brede analyse waarmee alle Bacteria, Archaea en Eukarya gedetecteerd worden. Hiermee worden de drie belangrijkste hoofdgroepen gekwantificeerd. De analyse geeft als uitkomst de talrijkheid per hoofdgroep.

TABEL 3.2

AANTALLEN MICRO-ORGANISMEN PER HOOFDGROEP (PER ML)

	Totaal Bacteria	Totaal Eukarya	Totaal Archaea
Zeefgoed	$1,6 * 10^{10}$	$1,0 * 10^8$	$1,8 * 10^8$

Uit de analyse blijkt dat de Bacteria de dominante groep micro-organismen is en circa 98% van het totaal uitmaken. De gevonden aantallen zijn hoog: ze liggen op een niveau dat vergelijkbaar is met monsters uit een actieve vergistingsinstallatie. Zeefgoed kan gekarakteriseerd worden als een microbiologisch zwaar beladen materiaal.

3.2.2 SCREENING

Met behulp van 'Next Generation Sequencing' is uit een DNA-monster gewonnen uit zeefgoed een omvattende dataset gegenereerd. Deze dataset is –op hoofdlijnen– een omzetting van al het DNA uit het monster naar een computerbestand. Dit bestand is getoetst tegen databases, wat een overzicht oplevert van alle bekende micro-organismen in het monster. Dit overzicht is geanalyseerd op identiteit en aard van de meest talrijke organismen en op aanwezigheid van een aantal specifieke pathogenen.

De analyse bevestigt het vermoeden dat in zeefgoed een grote diversiteit aan pathogenen aanwezig is. Gezien de herkomst uit rioolwater ligt dat ook erg voor de hand. Uit deze analyse volgt dat:

- 1 Hygiënisatie voor elke vorm van eindgebruik noodzakelijk is;
- 2 Handling van zeefgoed voor hygiënisatie met de nodige voorzorgsmaatregelen uitgevoerd moet worden.

De uitkomsten maken ook duidelijk dat, onafhankelijk van de mate van verwijdering van de pathogenen, hergebruik in toepassingen die (mogelijk) raken aan de (humane) voedselketen af te raden zijn.

Momenteel wordt een kwantitatieve screening voorbereid. Bij deze screening wordt een representatieve selectie van organismen specifiek en kwantitatief gemeten. De selectie van deze organismen is gebaseerd op:

- Abundantie: pathogenen die in grote aantallen zijn aangetroffen middels de NGS techniek, zijn naar verwachting ook in grote aantallen aanwezig in het zeefgoed en daarmee meer relevant.
- Pathogeniteit: pathogenen die in een hoge risicoklasse vallen zijn belangrijk om te monitoren om de meest effectieve behandeling voor afdoding te bepalen.
- Incidentie: pathogenen die veelal worden aangetroffen in klinische monsters zijn mogelijk

ziekteverwekkend bij lage aantallen cellen. Het vaststellen van een effectieve behandeling voor afdoding is daarom voor deze soorten belangrijk.

- Wijze van verspreiding: pathogenen die via de lucht verspreiden kunnen sneller ziekteverwekkend zijn voor de mens dan pathogenen die bijvoorbeeld via inname het lichaam in moeten komen, voordat ze schade aan kunnen richten. Deze pathogenen zijn om die reden ook geselecteerd.
- Morfologie: de pathogenen zijn ingedeeld op basis van celwand- en celmembraanstructuur, respiratie en sporenvormende eigenschappen. Afhankelijk van deze eigenschappen zijn micro-organismen meer of minder gevoelig voor de effectiviteit van bepaalde behandelingen.

Op basis van deze criteria is uit de totale set van pathogenen een selectie van zeven organismen gemaakt, die representatief geacht wordt voor de gezondheidsrisico's verbonden aan het werken met zeefgoed. De selectie dient tevens als basis om de effectiviteit van hygienisatiestappen te onderzoeken. De geselecteerde organismen zijn:

- *Campylobacter jejuni* (indicatororganisme voor *Campylobacter spp.*, meest frequente bacteriële verwekkers van diarree, gekozen op basis van abundantie en incidentie).
- *Clostridium difficile* (indicatororganisme voor sporenvormende bacteriën, gekozen op basis van abundantie, morfologie, incidentie en pathogeniteit).
- *Enterococcus faecalis* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Enterococcus faecium* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Escherichia blattae* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Escherichia coli* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Streptococcus suis* (indicatororganisme voor *Streptococcus spp.*, gekozen op basis van abundantie en incidentie).

Samengevat is op basis van de NGS analyse een grote diversiteit aan (micro-)organismen aangetroffen: eukaryoten (waaronder schimmels), prokaryoten en virussen. Hierbinnen is het mogelijk een aantal pathogene micro-organismen te identificeren. Uitgangspunt voor de selectie van deze organismen zijn de beschrijvingen van de pathogeniciteit van deze micro-organismen in de (wetenschappelijke) literatuur.

3.3 GEWENSTE GRONDSTOFKWALITEIT

De beschreven karakteristieken geven een indicatie van de aard van het zeefgoed zoals het gewonnen wordt. Dit is in geen enkel bekend geval de kwaliteit die gewenst is voor de toepassing. Om te karakteriseren wat de gewenste of minimale kwaliteit is van de vezel, zijn voor een drietal toepassingsrichtingen potentiële eindgebruikers bevestigd op de kwaliteitseisen waaraan het materiaal zou moeten voldoen. Het gaat om toepassing in de wegebouw, als isolatiemateriaal en als grondstof in de fermentatietechnologie.

WEGENBOUW

Voor toepassing in de wegebouw is voor het eindgebruiksdoel geen bijzonder schone vezel nodig. Het verwerkingsproces is zodanig dat eventuele microbiologische verontreiniging wordt afgedood. Bovendien worden aan het eindproduct (een asfaltweg) geen eisen van mi-

crobiologische reinheid gesteld. Wel is het van belang dat er een vrij zuivere vezel wordt aangeleverd: de aanwezigheid van grove verontreinigingen is ongewenst. Ook dient de vezel droog aangeleverd te worden en moet rekening gehouden worden met eventuele besmettingsrisico's tijdens de handling.

ISOLATIE

Gebruik van de cellulosevezels als isolatiemateriaal vraagt om aanzienlijk schoner materiaal. De vezels worden in huizenbouw toegepast. Ondanks dat er geen direct contact mogelijk is met het materiaal na toepassing, is het zeer wenselijk dat het materiaal microbiologisch schoon is. Ook dienen andere materialen dan cellulose verwijderd te zijn. De vezel dient droog aangeleverd te worden.

FERMENTATIETECHNOLOGIE

Voor de fermentatietechnologie is met name van belang dat het materiaal geen micro-organismen meebrengt. De eerste stap in de verwerking is een hydrolyse, waarin de vezels worden omgezet in suikers. Dit proces is gevoelig voor verstoring door micro-organismen, bijvoorbeeld doordat deze organismen de gevormde suikers omzetten, wat leidt tot een rendementsverlies. Omdat niet-hydrolyseerbare materialen na de suikervorming worden afgescheiden, is verwijdering van met name inerte materialen van minder belang. Vanuit het oogpunt van conservering, transport en opslag is een droge vezel gewenst. Indien opwerking en verwerking gekoppeld worden, kan de vezel eventueel nat worden aangeleverd.

Een overzicht van de gewenste kwaliteitsaspecten is opgenomen in tabel 3.3. In de laatste kolom van deze tabel is ook een overzicht opgenomen van mogelijke technieken die ingezet kunnen worden om de gewenste kwaliteit te bereiken. Door een scheiding te maken tussen bewerkingsstappen die voor alle toepassingsrichtingen noodzakelijk zijn en stappen die toepassings specifiek zijn, is een lijst gemaakt van bewerkingen die samen een generiek toepasbaar vezelproduct opleveren:

- 1 Hygiëniseren, bijvoorbeeld door te pasteuriseren of autoclaveren;
- 2 Zeven om grove delen te verwijderen;
- 3 Cycloneren om kleine verontreinigingen als zand te verwijderen;
- 4 Drogen om een droge, houdbare, transporteerbare vezel.

Onduidelijk is of, indien gecombineerd, ook alle vier stappen nodig zijn: Het is denkbaar dat na betere afstelling van de fijnzeef cycloneren overbodig wordt en dat bij drogen op voldoende hoge temperatuur het materiaal ook afdoende gehygiëniseerd wordt.

TABEL 3.3 OVERZICHT VAN GEWENSTE KWALITEITSASPECTEN EN TECHNOLOGISCHE BEWERKINGSMOGLIJKHEDEN

Parameters	Eenheid	RUW MAT.	GRONDSTOFEISEN				TECHNOLOGIE
		Zeefgoed	Energiepellet	Cellulosevezel- grondstof: t.b.v. isolatiemat.	Cellulosevezel- grondstof: t.b.v. afdruipremmer	Koolstofbron t.b.v. hydrolyse / fermentatie	Procestechnologie
Vezellengte	µm		n.v.t.: pelletvorm	rondom 2500	1100	niet gespecificeerd	Pers, zeef
Vezeldiameter	µm		n.v.t.: pelletvorm	niet gespecificeerd	45	niet gespecificeerd	
Kleur	duiding	grijs	n.v.t.	wit = hogere waarde	grijs/niet relevant	niet relevant	Chemisch bleken
Geur	duiding	stank bij opslag	nauwelijks tot niet	nauwelijks tot niet	nauwelijks tot niet	nauwelijks tot niet	Wassen/desinfecteren/drogen
Veerkracht/verpakking	duiding	nat dus nauwelijks	niet relevant	gewenst / los	fijn en los	niet relevant	Drogen/grof malen(?)
Aandeel cellulose	%	60 - 80	weinig relevant	> 90%?	(niet verkleefd!) > 75%	zo hoog mogelijk	Zeven
As/zouten gehalte	g/GJ	4,01	< 1	niet gespecificeerd	niet gespecificeerd	n.g./laag	Cycloon
zuurtegraad	pH	?	neutraal	neutraal	neutraal	neutraal	
Toelaatbare chemische ver.	% /stof		onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	
Hydroliseerbaarheid	duiding	redelijk	n.v.t.	niet relevant	niet relevant	hoogwaardig	Cycloon + autodaaf
Calorische waarde ds	MJ/kg (ds)	17,85	>/= 16,5	niet relevant	niet relevant	niet relevant	Cycloon + drogen
Drogestof	%	30,8 % (na pers)	> 90%	85%	85%	n.v.t.: hydrolyse?	Drogen
Microbiologische veront.	duiding	hoog?	laag / oud papier	laag /ref. oud papier	laag /ref. oud papier	gezondheid/proces	Autoclaaf

4

PROCESTECHNOLOGIE

Om zeefgoed als bruikbare grondstof in te kunnen zetten dient het materiaal aan een gedefinieerde kwaliteit te voldoen. Dit is grofweg onder te verdelen in drie ketenonderdelen:

- 1 Winnen van het zeefgoed
- 2 Zuiveren en hygiëniseren van de teruggewonnen vezel
- 3 Verwerken tot eindproduct

De drie onderdelen zijn niet noodzakelijkerwijs van elkaar gescheiden. In dit onderzoek ligt de nadruk op het middendeel, de opwerking tot schone vezel. De winning wordt hier buiten beschouwing gelaten, maar verdient zeker in een later stadium aandacht; verdere verwerking ligt in principe bij de eindgebruiker, wel zijn in dit kader potentiële eindgebruikers benaderd om met opgewerkt zeefgoed indicatieve testen uit te voeren.

4.1 HYGIËNISEREN

Om na te gaan wat het effect is van een aantal hygiëniserietechnieken is een aantal tests uitgevoerd. Een volledige rapportage van deze tests is opgenomen in bijlage 4. Uitgangspunt bij de selectie van technieken was dat ze op industriële schaal bewezen zijn en toepasbaar voor zeefgoed. Omdat voorzien wordt dat er met grote volumina steekvast materiaal gewerkt moet worden ligt een thermische bewerking voor de hand. Technieken als UV-desinfectie zijn beperkt toepasbaar vanwege hun beperkte indringdiepte; chemisch desinfecteren kan, maar is kostbaar en levert een grote reststroom afvalchemicaliën op. Plasmadesinfectie is een techniek in ontwikkeling, maar nog niet (standaard) op industriële schaal leverbaar. Bovendien is deze techniek met name geschikt voor het desinfecteren van oppervlakten. Twee thermische technieken worden vooral veel gebruikt: pasteuriseren en autoclaveren. De beide technieken verschillen met name in energievraag en afdodend vermogen.

Pasteuriseren wordt gebruikt om digestaat uit mestvergisters te hygiëniseren. Hierbij wordt het digestaat gedurende tenminste 60 minuten op een temperatuur van minimaal 70°C gebracht en gehouden (<http://www.mestverwerken.wur.nl/index.asp?techniek/index.asp>). De verwijdering van micro-organismen is onvolledig, met name sporevormende organismen kunnen aanleiding geven tot nagroei. Alhoewel deze techniek veel energie vraagt, is het energieverbruik lager dan bij de autoclaveren.

Autoclaveren is een sterilisatietechniek die veel gebruikt wordt in de biotechnologie, maar die bijvoorbeeld ook gebruikt wordt door de firma Knowaste om ingezamelde luiers te desinfecteren. Het te desinfecteren materiaal wordt gedurende een periode van enkele tientallen minuten verhit tot een temperatuur ruim boven de 100°C, doorgaans 120 tot 135°C. De techniek vraagt relatief veel energie, maar heeft een zeer hoog afdodend effect.

Om na te gaan wat het effect is van beide technieken, zijn zeefgoedmonsters gepasteuriseerd en geautoclaveerd. Het effect van deze behandelingen is gemeten met Q-PCR. Dit geeft naar

alle waarschijnlijkheid een vertekend beeld voor pasteuriseren, omdat met deze techniek ook DNA-fragmenten gedetecteerd worden die geen onderdeel meer uitmaken van levende cellen: het resultaat overschat het aantal levende cellen. Desondanks zijn de gemeten aantallen onverwacht hoog. Een controle met uitplaatmethoden is de gangbare manier om een controle uit te voeren. Dat was in dit geval niet mogelijk, omdat het zeefgoed bevroren was geweest.

Om een meer gedifferentieerd beeld te krijgen van de mate van afdoding in relatie tot gezondheidsrisico's, is ook voor een geselecteerd aantal soorten micro-organismen gekeken naar het effect van de behandeling.

TABEL 4.1 GEMETEN WAARDEN VOOR AANTALLEN MICRO-ORGANISMEN IN ZEEFGOED (CELLEN/G) VOOR EN NA BEHANDELEN.

Organisme	Ruw zeefgoed	Zeefgoed na pasteuriseren	% afdoding	Zeefgoed na autoclaveren	% afdoding
Totaal archaea	1,80x10 ⁸	5,10x10 ⁷	72	< 1,50x10 ³	> 99
Totaal eukaryoten	1,00x10 ⁸	1,10x10 ⁷	89	< 1,50x10 ³	> 99
Totaal bacteriën	1,60x10 ¹⁰	7,50x10 ⁹	53	< 3,40x10 ⁴	> 99
<i>C. jejuni</i>	9,60x10 ⁶	1,10x10 ⁶	89	< 4,40x10 ³	> 99
<i>C. difficile</i>	1,30x10 ⁵	1,40x10 ⁵	0	< 4,40x10 ³	> 96
<i>E. faecalis</i>	2,00x10 ⁶	5,20x10 ⁵	74	< 4,40x10 ³	> 99
<i>E. faecium</i>	4,60x10 ⁶	4,70x10 ⁶	0	< 4,40x10 ³	> 99
<i>E. blattae</i>	6,50x10 ⁵	2,00x10 ⁵	69	< 4,40x10 ³	> 99
<i>E. coli</i>	8,40x10 ⁶	1,20x10 ⁶	86	< 4,40x10 ³	> 99
<i>S. suis</i>	4,00x10 ⁶	5,90x10 ⁶	0	< 4,40x10 ³	> 99

betrouwbaarheidsinterval analysesresultaten ligt tussen 0,5*N en 2*N (N=aantal gedetecteerde cellen of DNA-kopieën)

Met autoclaveren wordt een logereductie van tenminste 7 gehaald. Dit houdt in dat het aantal micro-organismen met een factor tien miljoen wordt gereduceerd.

De testen laten zien dat tenminste autoclaveren effectief is in het verwijderen van micro-organismen tot een niveau dat niet meer van hinderlijke of schadelijke (numerieke) belasting gesproken kan worden. Om na te gaan of de afdoding van specifiek de pathogene organismen ook effectief is, is een aantal soorten pathogenen gemeten met een meer specifieke Q-PCR meting. Deze metingen laten een meer gedifferentieerd beeld zien, met name met betrekking tot pasteuriseren. Ook in dit geval zijn bij autoclaveren alle geselecteerde micro-organismen afgedood tot een niveau beneden de detectiegrens. Een overzicht van de meetresultaten is opgenomen in tabel 4.1.

4.2 ZUIVEREN

Zeefgoed bevat een aantal verontreinigingen die ongewenst zijn voor hergebruiktoepassingen. Om na te gaan welke materialen dit zijn, en hoe deze te verwijderen zijn is een aantal tests uitgevoerd. Een deel van deze tests is uitgevoerd bij Kadant, een Franse leverancier van technologie voor de papierindustrie. Het rapport van deze testen is bijgevoegd als bijlage 1.

Uit de testen komt naar voren dat circa 63% van het zeefgoed bestaat uit herbruikbare vezels, volgens normen van de papierindustrie. Een relatief klein deel (8%) is afval.

Overigens bestaat dit afval voor het grootste deel ook nog uit organische materialen en zou daarom mogelijk verwerkt kunnen worden tot een brandstof. Een aanzienlijk deel van het materiaal bestaat uit 'fines', ongedefinieerd materiaal dat de fijnste zeef passeert (29%).

Naar alle waarschijnlijkheid bestaan de fines in belangrijke mate uit kleine vezels. Indien teruggewonnen zou dit een fractie zijn die bij uitstek geschikt is voor toepassing in de fermentatietechnologie.

Een serie parallele experimenten bij een mogelijke verwerker van het zeefgoed laat een sterk gelijkend beeld zien. Deze testen vermelden een relatief hoog gehalte vetachtige verbindingen, circa dubbel zoveel als in oud papier.

4.3 PROCESTECHNOLOGIE: OPSCHAALBAARHEID EN BESCHIKBAARHEID

Op basis van de experimenten is een (pilot)opstelling bediscussieerd met Kadant en geverifieerd bij een tweetal partijen in de papier- en kartonindustrie. Uit deze discussie komt een processing naar voren die bestaat uit:

- 1 Hygiëniseren door autoclaveren;
- 2 Herpulpen: het maken van een 'standaard' papierpulp;
- 3 Screening: verwijderen van grove delen;
- 4 Cycloneren: verwijderen van kleine delen;
- 5 Indikken en drogen.

Autoclaveren vraagt een aanzienlijke hoeveelheid warmte. Er kan volstaan worden met relatief laagwaardige warmte, zolang de gewenste temperatuur van circa 135°C gehaald kan worden. Vanuit kosten oogpunt heeft het de voorkeur deze warmtevraag aan te laten sluiten bij de beschikbaarheid van een restwarmtebron. Autoclaven zijn op industriële schaal beschikbaar.

Herpulpen behelst het produceren van een vezelslurrie uit het steekvaste zeefgoed. Hiervoor is veel water nodig. Indien zeefgoed aangeleverd wordt als een 30% droge massa en er wordt een 5% droge slurrie geproduceerd, dan is voor elke ton aangeleverd zeefgoed 5 ton water nodig. Dit water kan in hoge mate hergebruikt worden. Naar verwachting gaan zich in het water wel bezinkbaar materiaal en vetzuren ophopen en is een zuivering van dit water gewenst. De beschikbaarheid van een waterzuivering is daarom een aanbeveling voor een opwerkingslocatie. Herpulpen kan goed uitgevoerd worden met standaard pulptechnologie zoals gebruikt in de papierindustrie.

Screening wordt uitgevoerd met standaard screens zoals gebruikt in de papierindustrie. Deze screens zijn uit te voeren met uiteenlopende sleufgrootten. De keuze van de sleufgrootte is een trade off tussen zuiveringsrendement en vezelobbrengst. Deze screens zijn een standaardonderdeel van de stofvoorbereiding in de papierindustrie. Voor cycloneren geldt in belangrijke mate een vergelijkbaar profiel. Deze behandelstap is doorgaans ook een standaardonderdeel van de stofvoorbereiding.

Indikken en drogen behelst het ontwateren van de pulp, bijvoorbeeld met een zeefbandpers, zoals ook gebruikt bij de winning van het zeefgoed op locatie in Blaricum, gevolgd door een droogstap. De technische uitvoering van deze laatste stap is niet nader onderzocht.

Belangrijk aspect hiervan is de hoge warmtebehoefte. Laboratoriumexperimenten laten zien dat ingedikte zeefgoedvezel zeer goed ontwaterbaar is en weinig moeite vraagt om te drogen. Dit is terug te voeren op de lage maalgraad.

Het materiaal is goed te drogen bij kamertemperatuur, maar additionele laagwaardige warmte kan dit proces aanzienlijk versnellen. Beschikbaarheid van zulke (rest)warmte op de opwerkingslocatie biedt voordelen.

Afhankelijk van de toepassing kan het wenselijk zijn de vezel te dispergeren, zodat een losse vezelpoeder verkregen wordt in plaats van een meer geaggregeerd materiaal.

Uit bovenstaande is een aantal randvoorwaarden te destilleren waar een opwerkingslocatie aan moet voldoen. Ook komt er een aantal profielen naar voren van partijen die mogelijk de opwerking kunnen accommoderen. In de eerste plaats komt de rwzi waar het zeefgoed gewonnen daarvoor in aanmerking. Ook partijen in de papierindustrie zouden deze rol op zich kunnen nemen en tenslotte is een aantal afvalverwerkers goed geoutilleerd om deze plek in de keten in te vullen. Tabel 4.3 geeft een overzicht van een aantal factoren die meebepalen in de geschiktheid van een partij voor invulling van de opwerking.

TABEL 4.3 BESCHIKBAARHEID VAN PROCESVEREISTEN BIJ POTENTIËLE OPWERKERS VAN ZEEFGOED (PKI: PAPIER- EN KARTONINDUSTRIE; AVI: AFVALVERBRANDINGSINSTALLATIE)

	rwzi	PKI	Afvalverwerker (AVI)
Water en afvalwaterverwerking	x	x	x
Warmte hygiëniseren		x	x
Warmte drogen	?	x	x
Beschikbaarheid apparatuur	Niet	deels	deels?
Passende schaal	Nvt	deels?	onbekend

Op een rwzi is veel water beschikbaar, maar ontbreekt het aan opwerkingsapparatuur en (doorgaans) beschikbaarheid van warmte. Papierfabrieken beschikken in principe over alle apparatuur die nodig is voor de opwerking. Wel is de schaal van de apparatuur doorgaans dermate groot dat dit alleen past in een vergaand gecentraliseerde opwerking van zeefgoed. Ook is de opwerking van zeefgoed niet compatibel met papierproductie: schone vezels uit zeefgoed en papier kunnen om reden van hygiëne en imago niet op dezelfde lijn worden geproduceerd. Afvalverwerkers, met name die partijen in die sector die beschikken over een afvalverbrandingsinstallatie hebben alle benodigde voorzieningen beschikbaar, maar beschikken niet over de benodigde apparatuur.

Uit gesprekken met afvalverwerkers en de papierindustrie blijkt dat beide sectoren belangstelling hebben voor de rol van verwerker van het zeefgoed. Ontwikkelingen specifiek voor elke sector spelen hierin een belangrijke rol.

4.4 CONCLUSIES

Uit het onderzoek komt naar voren dat het goed mogelijk is om uit zeefgoed een schone vezel te winnen. Deze winning kan uitgevoerd worden met bestaande apparatuur en mogelijk door partijen die de apparatuur en/of de faciliteiten beschikbaar hebben om deze opwerking uit te voeren.

5

ECONOMIE

De verwaardingsketen voor zeefgoedcellulose beschouwen vanuit economisch perspectief op de volgende drie onderdelen:

- 1 Aanbod zeefgoed: fijnzeven, persen, opslaan (transport), productieontwikkeling
- 2 Kostprijs opwerking: zuiveren, hygiëniseren, zeven in relatie tot alternatieve grondstoffen
- 3 Afzetmarkt: toepassing in (eind)producten en dynamiek van bijbehorende markten

5.1 AANBODONTWIKKELING

Voor (ontwikkeling van) een afzetmarkt is het aanbod van zeefgoed zowel in kwantitatief als in kwalitatief opzicht van belang.

5.1.1 KWANTITATIEF

Zeefgoed wordt momenteel in Nederland op experimentele basis geproduceerd. Aangezien diverse Nederlandse waterschappen interesse en ook concrete plannen hebben ten aanzien van fijnzeefimplementatie, mag verwacht worden dat in de komende jaren de productie in toenemende mate gaat plaatsvinden. De snelheid en omvang waarmee deze stroom beschikbaar komt zal in belangrijke mate afhangen van het (economisch) perspectief dat de beheerders van de rioolwaterzuiveringsinstallaties geboden kan worden op twee fronten:

- 1 De positieve invloed die de inzet van fijnzeven op (exploitatie van) het zuiveringsproces heeft, samen met
- 2 de mogelijkheid voor stabiele economische verwaarding van het zeefgoed ten opzichte van reguliere slibbehandeling.

Daarnaast kan de verwachte milieukundige winst een belangrijke afwegingsfactor zijn.

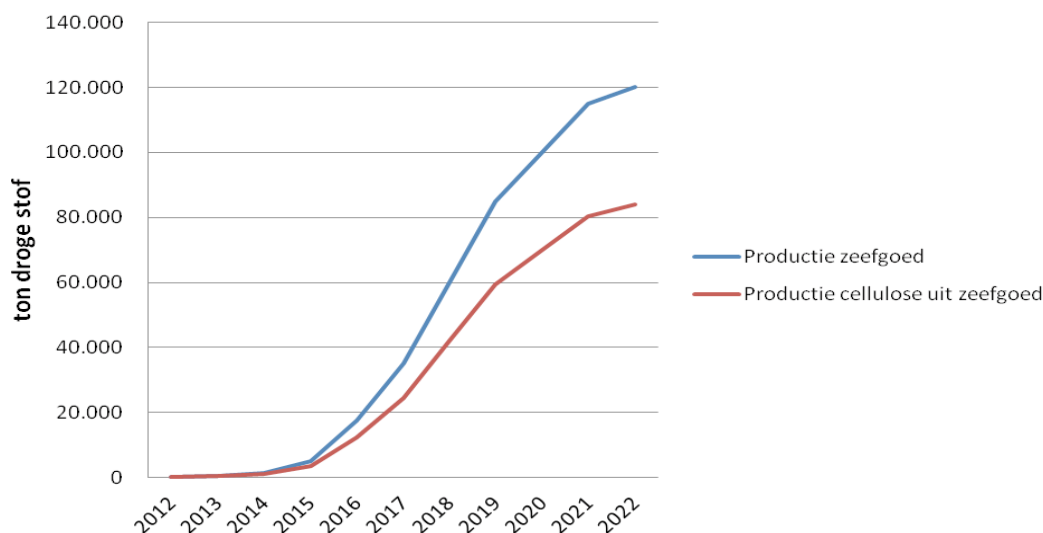
Indien fijnzeven wordt toegepast op het totaal aan Nederlands rioolwater wordt jaarlijks circa 150.000 ton drogestof aan zeefgoed geproduceerd. Dit is dus het theoretisch maximum. Onbekend is vooralsnog echter in welke gevallen het toepassen van fijnzeven (economisch) voordelig zal uitpakken. Nader onderzoek is noodzakelijk om dit scherp in beeld te krijgen. Daarmee is vooralsnog ook onduidelijk welke hoeveelheid zeefgoed binnen welke termijn beschikbaar gaat komen. Om toch enig grip te krijgen op de productieontwikkeling is een prognose ontwikkeld voor de komende 10 jaar. Deze is gebaseerd op de volgende (arbitraire) aannames en uitgangspunten:

- De implementatie van fijnzeven wordt gemeengoed voor de RWZI's (op basis van de verwachte positieve invloed op de waterlijn, zowel technisch als economisch)
- Het theoretisch maximum aan produceerbaar zeefgoed is gesteld op 150 Kton/jaar.
- Een aantal zuiveringen zal om uiteenlopende redenen niet geschikt zijn voor fijnzeefimplementatie (technisch of economisch). Daardoor wordt een bovengrens van 80% van het theoretisch productiemaximum als reëel beschouwd.

- De onderhoudstermijn van een RWZI is 10 jaar. Mocht een waterschap overgaan tot het installeren van een fijnzeef, dan zal dat veelal gelijktijdig met het reguliere onderhoud worden meegenomen. Op basis daarvan zal het gros van de rwzi's in het komende tien jaar uitgerust zijn met een fijnzeef.
- Het geproduceerde zeefgoed wordt gezuiverd, waarbij alle niet-cellulose wordt verwijderd. Op basis van labtesten kunnen we stellen dat 70 % van het drogestofgewicht resteert na deze zuivering.
- De komende jaren wordt op bredere schaal geëxperimenteerd met fijnzeefinstallaties. Vanaf 2015 zal de grootschalige uitrol plaats gaan vinden.
- Op basis van een toenemende vraag (en daarmee tevens verondersteld een toenemende marktprijs) naar zeefgoedcellulose zullen rond 2020 ook in afnemende mate de in eerste instantie economisch minder interessante rwzi's worden voorzien van een fijnzeef.

Op basis van de bovenstaande uitgangspunten ziet de productieprognose voor de komende 10 jaar er als volgt uit:

FIGUUR 5.1 PRODUCTIEPROGNOSE ZEEFGOED OP JAARBASIS

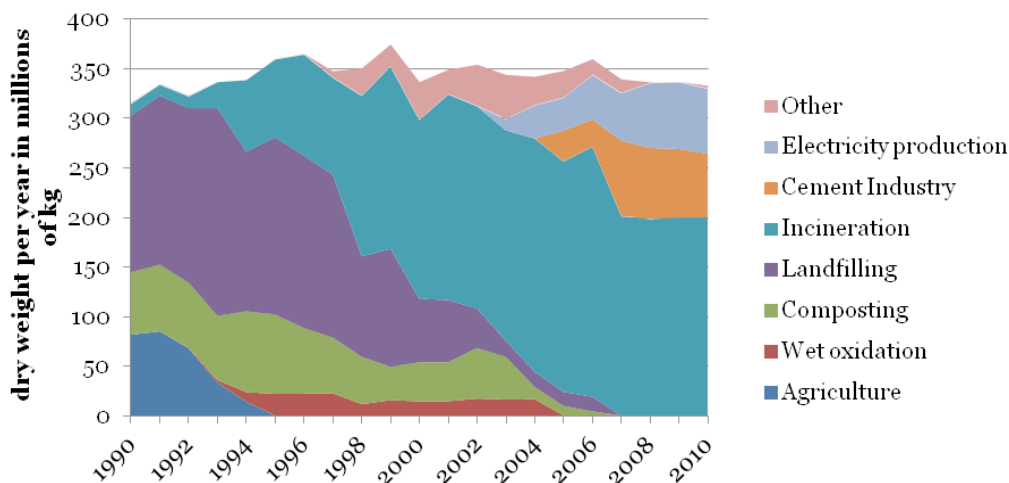


Uit figuur 5.1 is op te maken dat de beschikbaarheid van cellulose uit zeefgoed op termijn tot een significante markt zal ontwikkelen richting 100.000 ton per jaar.

De hoeveelheid zeefgoed die op een rwzi geproduceerd wordt, is redelijk constant: er wordt geen seizoensafhankelijkheid of andere periodiciteit verwacht. De productie is continu en de afvang vindt plaats in containers.

Behalve dat de productie en verwaarding van zeefgoed economisch perspectief biedt voor de watersector is er sprake van significante reductie in slibproductie. Onderstaande figuur geeft een beeld van de Nederlandse slibproductie, inclusief afzet over de afgelopen 20 jaar. We zien dat de productie tussen een niveau van zo'n 300.000 tot 350.000 ton ds schommelt.

FIGUUR 5.2 ONTWIKKELING SLIBPRODUCTIE EN -AFZET, BRON: CBS STATLINE



Wanneer sprake is van volledige inzet van fijnzeeftechnologie zal de totale hoeveelheid geproduceerd slib significant afnemen (tot maximaal richting 40 %). Dit heeft vanzelfsprekend navenant (economische) impact op de huidige verwerkings- en afzetkanalen.

Om economische verwaardiging van zeefgoed als watersector zelfstandig te realiseren is enige schaalgrootte noodzakelijk. Dit met name vanwege dimensionering van benodigde vezelprocesapparatuur. Ter vergelijking: een productielijn in de papierindustrie is gedimensioneerd in de orde grootte van enkele honderden tonnen per dag. Dat betekent dat een dergelijke productielijn de totale maximale zeefgoedproductie in Nederland zou kunnen verwerken. Er is bij de ontwikkeling van een verwaardingsketen dan ook sprake van een kip-ei dilemma: onvoldoende productie op korte termijn zal niet resulteren in investering in opwerkingstechnologie, versus: om voldoende schaalgrootte te realiseren lijkt verwaardiging van zeefgoed een noodzakelijke voorwaarde. Om deze impasse te doorbreken is het raadzaam een verkenning te doen naar vergelijkbare vezelstromen en te onderzoeken in hoeverre gezamenlijke ontwikkeling mogelijk is. Een concrete mogelijkheid is de recycling van luiers- en incontinentiemateriaal.

5.1.2 CONTINUÏTEIT IN KWALITEIT

Diverse eindgebruikers hebben aangegeven welke kwaliteit het (opgewerkte) zeefgoed dient te hebben alvorens het bruikbaar in te zetten is voor verdere verwerking. Het is essentieel dat de geleverde vezels stabiel zijn in kwaliteit om te komen tot langdurige economische verwaardiging. Om de markt optimaal te bedienen dient de kwaliteit waar mogelijk door middel van certificering aantoonbaar te zijn (REACH, CEN, NEN, NTA). Mogelijk zijn de CEPI⁶-richtlijnen zoals gehanteerd in de papierindustrie hiertoe bruikbaar richtinggevend. Datzelfde geldt voor de 5 gestandaardiseerde categorieën zoals gedetailleerd gedefinieerd in de Europese standaard EN 643⁷.

Vooralsnog wordt verondersteld dat de samenstelling van cellulose uit zeefgoed van constante kwaliteit is. Concrete onderzoeksgegevens op dit onderdeel ontbreken echter vooralsnog. Gezien het belang van deze informatie strekt nader onderzoek hiertoe nadrukkelijk tot de aanbeveling.

⁶ Confederation of European Paper Industries

⁷ <http://www.paperforrecycling.eu>

De kwaliteitsgarantie kan naast de stabiliteit van inputmateriaal ook door middel van technische behandeling gerealiseerd worden. Denk bijvoorbeeld aan zeven om de juiste vezellengtes te selecteren.

5.2 KOSTPRIJS OPWERKING

De kostprijs voor opwerking van zeefgoed voor diverse afzetroutes bepaalt in belangrijke mate de economische haalbaarheid van zeefgoedverwaarding.

5.2.1 PAPIERPROCES ALS REFERENTIE

Gezien de gelijkheid in procestechnologie met de papierindustrie nemen we dat proces als referentie (waar het gaat om het prepareren van de vezels voor papierproductie). Voor wat betreft de opwerking van zeefgoed baseren we ons hier op de testresultaten (voor zover deze tot nu toe beschikbaar zijn) en bevindingen zoals beschreven onder 'Procestechnologie'.

Energie vormt een van de belangrijkste kostenindicatoren voor de papierindustrie. Deze parameter is ook hier leidend. Het proces van hout naar papierpulp is een energie-intensieve stap. Een belangrijk voordeel van zeefgoedcellulose is dat het materiaal reeds ontdaan is van o.a. lignine. In dat opzicht is cellulose op basis van oud papier een betere referentie. Ter indicatie: het proces van pulping en reiniging van oud papier kost gemiddeld⁸ zo'n 322 kWh/t aan procesenergie (EC, IPPC, 2001).

Verwerking van oud papier tot vezel⁹

De processtappen in papierindustrie, om te komen tot een vezel rijp voor papierproductie zijn als volgt:

Pulpen:

Balen oud papier uit elkaar getrokken, de losse brokstukken naar de pulper vervoerd. In de pulper wordt het oud papier vermengd met een hoeveelheid water die is afgestemd op het gewicht van de balen en de gewenste consistentie. De vervezeling wordt gerealiseerd door de kracht van de opgewekte turbulentie in de pulp oplossing. Tijdens dit proces vindt ook al een eerste grove reiniging plaats.

Dikstofreiniging:

Verwijdering stukjes plastic en glas, steentjes, nietjes, en dergelijke. Indien er ook ontinkt moet worden, worden ook chemicaliën toegevoegd, die net als de hoeveelheid water, in hoeveelheid zijn afgestemd op het gewicht van het oud papier. De chemicaliën zorgen ervoor dat het oud papier gemakkelijker uit elkaar valt. De stof blijft ca. 20 minuten in de trommel. Voor de dikstofreiniging van oud papier met ontinkten zijn er buffertanks in dit proces geplaatst omdat de gebruikte chemicaliën voor ontinkting een reactietijd van 1 à 2 uur nodig hebben.

Ontinkting:

Ontinkting door flotatie, waarbij lucht de werkende factor is (ca 1 % ds). De losgekomen inktdeeltjes hechten zich aan de luchtbelletjes, die opstijgen en aan de oppervlakte een schuim vormen. Het schuim wordt verwijderd.

⁸ Afhankelijk van noodzaak tot ontinkting en dispersegeren

⁹ bron: <http://www.papierpraat.nl/woordenboek/vezelrugwinning-uit-oud-papier>

Reiniging:

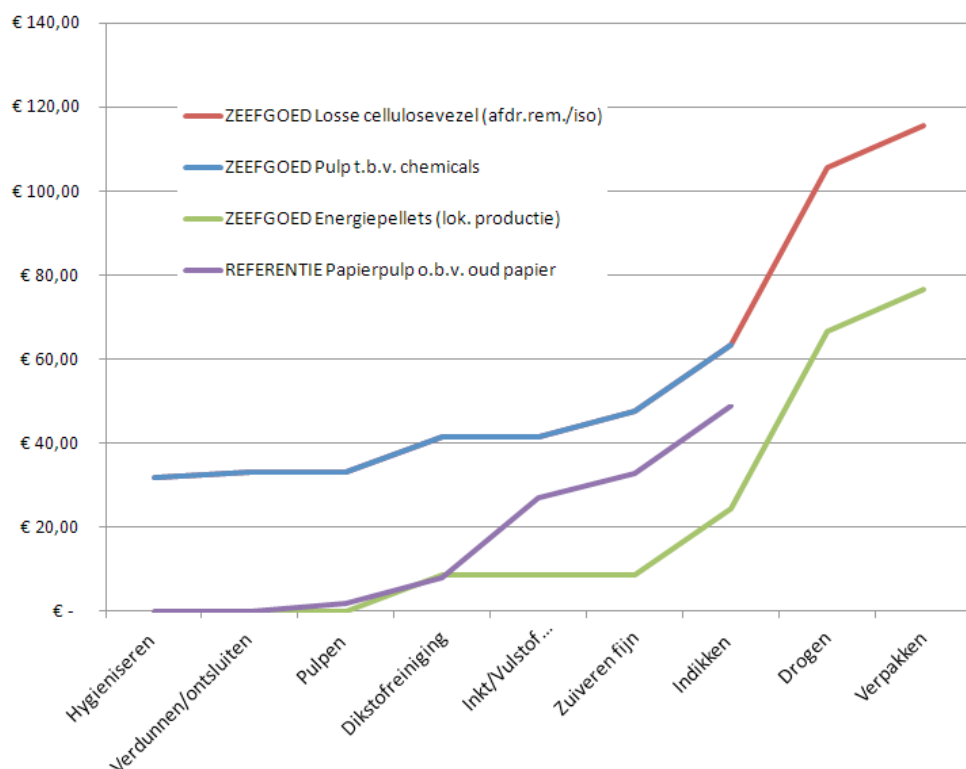
De van het schuim ontdane dunstof wordt vervolgens bij een consistentie van minder dan 1,2% gereinigd. Hiervoor kunnen worden gebruikt: centrifugaalreinigers (of cleaners), drukzeven of een centrifuge.

Zeefgoedcellulose bevat nauwelijks inkt. Dit levert energetisch een voordeel op ten opzichte van oud papier dat gerecycled wordt. Daar staat tegenover dat het materiaal gehygiëniseerd dient te worden door middel van autoclavering. Dit is een zeer energie-intensief proces. Bovendien is dit geen continu proces maar gaat het batch-gewijs wanneer gedaan wordt door middel van autoclavering. Dit zorgt voor extra kosten door tijdverlies en inzet van arbeid

De stappen zijn in de onderstaande grafiek op (operationele) kosten gezet op basis van energiegebruik, aangevuld met additionele kosten voor arbeid indien significant (autoclavering vanwege batchgewijze verwerking).

Omdat vooralsnog onduidelijk is welke schaalgrootte wenselijk is en welke bestaande infrastructuur beschikbaar is, zijn kapitaalkosten niet opgenomen (dit geldt overigens ook voor de referenties oud-papierpulp en energiepellets, waardoor een zinvolle vergelijking ontstaat). Voor de onderliggende data inclusief bronnen wordt verwezen naar bijlage 3.

FIGUUR 5.3 PRIJSONTWIKKELING ZEEFGOED PER BEHANDELSTAP



Uit de grafiek blijkt dat hygiëniseren (autoclaveren) zo'n 50 % van de kostprijs voor opwerking van zeefgoed tot papierpulp behelst. Dit is significant ten opzichte van oud papier, waar deze stap niet noodzakelijk is. Verderop in het proces echter heeft oud papier extra bewerkingen nodig ten opzichte van zeefgoed, zoals ontinkten en het ontdoen van vulstoffen. Het onderlinge kostprijsverschil voor opwerking tot papierpulp ligt in de ordegrrootte van enkele tientallen euro's.

Afgezet tegen het verschil in inkoopprijs van de grondstoffen (zeefgoed: vooralsnog gesteld op € 0,- per ton, ten opzichte van oud papier: minimaal 100,- per ton) kan gesteld worden dat de kosten voor opwerking geen doorslaggevende belemmering zijn in de ontwikkeling van de beoogde keten(s). Ter referentie is ook de productie van energiepellets uit zeefgoed opgenomen¹⁰.

Indien drogen van de vezel noodzakelijk blijkt heeft dit significante impact op de kostprijs vanwege de aanzienlijke hoeveelheid benodigde thermische energie.

5.2.2 KANTTEKENINGEN

Het fractioneren van de vezelstroom op grootte kan leiden tot verdere optimalisatie richting de verschillende afzetroutes. Bijvoorbeeld het inzetten van de kortere vezels ten behoeve van fermentatie en de langere vezels opnieuw als vezel inzetten. Nader onderzoek is noodzakelijk om te specificeren in hoeverre dit bijdraagt aan de economische versterking van de ketens. Binnen de papierindustrie heeft dit vraagstuk momenteel ook de aandacht. Wellicht dat daarin een koppeling gemaakt kan worden.

Indien drogen noodzakelijk is, zoals in het geval van droge vezeltoepassing, is het toepassen van beschikbare restwarmte een pre. De inzet van restwarmte kan namelijk enkele tientallen procenten kostenreductie betekenen. Bovendien is hierdoor significante milieuwinst te behalen. Een verwerkingslocatie met beschikbare restwarmte strekt vanuit die optiek tot de aanbeveling. Zoals onder de technische analyse reeds aan de orde gekomen is, kan thermisch drogen wellicht ook als substituut voor de hygiëniseringsstap worden ingezet, waardoor verdere efficiëntie gerealiseerd wordt. Ook bijvoorbeeld chemische hygiënisering kan een werkbaar alternatief zijn voor autoclaving en daarmee significante energiereductie opleveren. In de papierindustrie wordt deze methode ook toegepast. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze methode effectief is.

Ook transport heeft invloed op de kostprijs van zeefgoedcellulose. Afhankelijk van type transport (weg, water) kan de prijs per tonkilometer variëren. Deze is niet opgenomen in bovenstaande prijscalculatie, omdat vooralsnog niet duidelijk is welke afstanden van toepassing zijn. Zeefgoed komt onder de huidige omstandigheden na persen met een percentage van maximaal 30 % ds beschikbaar. 70 % vocht vervoeren zal, zeker over langere afstanden, sterke invloed hebben op de kostprijs van de keten. De fysieke afstanden in de te vormen keten zullen vanwege de kostprijsimpact een afweging vormen bij het ontwikkelen van de keten.

Restmateriaal na scheiding van cellulose uit zeefgoed (zo'n 8 %) bestaat voor een deel uit organisch materiaal. Dit kan mogelijk ingezet worden ten behoeve van energietoepassingen en daarmee restwaarde hebben. Dit verdient aandacht in een vervolgtraject.

5.3 AFZETMARKT ZEEFGOEDCELLULOSE

Vooralsnog wordt zeefgoed afgezet ten behoeve van compostering. De afzetmarkt voor hogere verwaarding van zeefgoedcellulose is een nog onontwikkelde markt. Vanuit diverse marktsegmenten is echter wel (voorzichtig) belangstelling getoond voor het materiaal. Uit de technische analyses blijkt dat het gezuiverde materiaal van bruikbare kwaliteit is. In het kader van het toenemende maatschappelijk belang om kringlopen te sluiten is zeefgoedverwaar-

¹⁰ Daarbij moet worden opgemerkt dat gezien de hoeveelheid verontreiniging het zeer de vraag is of deze al dan niet gehygiëniseerd dienen te worden om veilig toe te kunnen passen. Deze hygiënisering is hier niet opgenomen.

ding een wenselijke ontwikkeling. Bovendien is zeefgoed een bron van ontsloten cellulose (ontdaan van lignine) en daarmee geschikt als biobased feedstock, zonder dat sprake is van concurrentie met voedselproductie. Deze maatschappelijke waarde(s) kan mogelijk worden doorvertaald naar (extra) economische waarde.

5.3.1 MARKTOMVANG

Wanneer we een markt voor cellulose beschouwen wordt vanwege de omvang primair naar de papier- en kartonindustrie gekeken. Cellulose uit zeefgoed is technisch inzetbaar voor productie in deze industrie. Zoals onder 'juridisch kader' echter reeds beschreven moet zeefgoed worden aangemerkt als 'used products of personal hygiene' en komt daarmee vooralsnog niet in aanmerking als grondstof voor de reguliere papierindustrie. Naast deze wettelijke barrière lijkt ook een mogelijk risico op imagoschade vooralsnog te leiden tot enige terughoudendheid in de sector.

Cellulose kent naast de papierindustrie vele andere toepassingen, bijvoorbeeld als isolatiemateriaal, vulstof en wapening in (composiete) bouwmaterialen en in gebruiksvoorwerpen. We richten ons voornamelijk op deze nichemarkten. Ook deze markten worden veelal gevoed vanuit de oud-papiermarkt. Prijsstelling in deze markt geeft daarmee dan ook een belangrijke indicatie voor zeefgoedcellulose. De afzetmarkt zal dus, in ieder geval voor de kortere termijn waarschijnlijk bestaan uit nichemarkten. Dit sluit ook goed aan op de verwachte ontwikkeling in beschikbaarheid van het materiaal. Het leidt daarmee niet automatisch tot een fysiek onevenwichtige markt van vraag en aanbod. In navolging van de keuze voor drie potentiële afzetroutes volgt hier een onderbouwde indicatie van de marktomvang per route.

Afdruipremmer

Om de juiste viscositeit in bitumen te verkrijgen bij het verwerken van asfalt wordt ontsloten cellulose toegevoegd. Op jaarbasis wordt gezamenlijk in Nederland, Duitsland en België zo'n 7.750.000 ton asfalt verwerkt. Het gemiddelde vezelgebruik is zo'n 3 kg/ton asfalt. De totale afdruipremmermarkt komt daarmee neer op: $7.750.000 \times 3 = 23.250$ ton afdruipremmer. (NL 6000 ton, Be 2250 ton, D 15000 ton)¹¹. De markt is als stabiel te kenmerken qua omvang en waarde. Gezien de beperkte omvang van deze markt sluit de verwachte productieontwikkeling van zeefgoed hier op aan. Ook vanuit imago lijkt deze markt in op het eerste gezicht relatief laagdrempelig.

Isolatiemateriaal

Cellulose-isolatiemateriaal wordt gemaakt uit oud papier. Dit papier wordt gemalen en bewerkt met een hamermolen om een goed ontsloten vezel te verkrijgen. Tevens worden zouten toegevoegd ten behoeve van brandvertraging en tegen schimmelvorming.

De Europese markt voor cellulose-isolatiemateriaal heeft een grootte van zo'n 150 Kton tot 300 Kton op jaarbasis. Het marktaandeel in de Nederlandse isolatieverwerking is (nog) beperkt tot < 1%. Op basis van de toenemende behoefte in de bouwsector aan het toepassen van materialen met minder milieu-impact en gereduceerde gezondheidsrisico's is de verwachting dat de markt voor natuurlijke isolatie zoals cellulose-isolatie zal groeien ten opzichte van synthetische materialen als steen- en glaswol. Dit komt bovenop de totale toenemende vraag naar isolatie vanwege energiebesparing in de gebouwde omgeving.

11 Bron: Icopal B.V.

Cellulose als koolstofbron

De huidige vraag naar cellulose als bron van koolstof is (nog) gering. De reden daartoe is dat de grondstoffen en producten die geproduceerd kunnen worden uit cellulose nu geproduceerd worden op basis van andere geteelde types biomassa zoals maïs, suikerbieten en rietsuiker. Voor deze bronnen geldt dat er mogelijk sprake is van verdringing van voedselproductie. Voor de afvalstroom zeefgoed geldt dit niet. Om uit cellulose suikers te produceren dient gehydrolyseerd te worden. Dit betekent een extra processtap inclusief bijbehorende kosten. De grondstoffen en producten uit dit proces kunnen echter aangeduid worden als zogenaamde 2^e generatie stoffen en daarmee is de toekomstwaarde versterkt gewaarborgd.

5.3.2 WAARDEBEPALING

Wat is de marktwaarde van de (impliciete) kwaliteiten van zeefgoed? Om dit te bepalen zijn de huidige (cellulose)markten in beeld gebracht en wordt een vergelijk gemaakt ten opzichte van zeefgoedcellulose.

Vezelmarkt

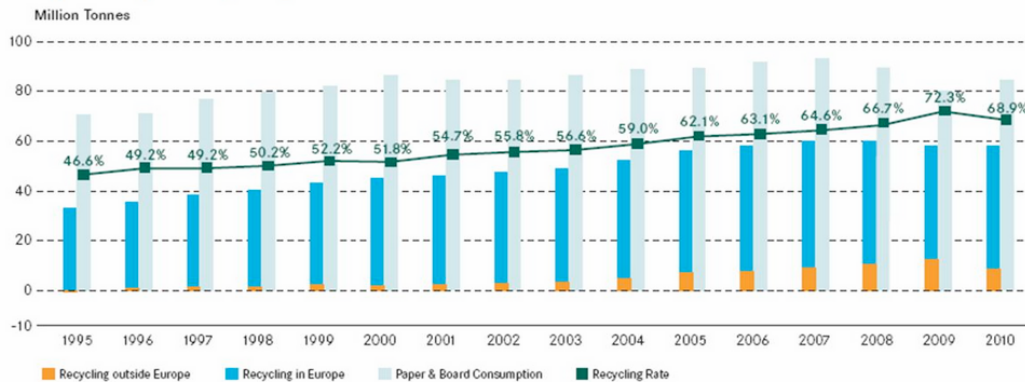
De markt voor cellulose bestaat uit verse vezels (virgin fibres) en gerecyclede vezels (oud papier). Deze markt is op basis van technische kenmerken representatief voor prijsbepaling van zeefgoedcellulose. Er is in deze vezelmarkt sprake van diversiteit in kwaliteiten, denk aan karton versus tijdschriften. Dit komt tot uiting in vezellengtes, zuiverheid, kleur e.d.

Er is voor de verschillende kwaliteiten oud papier sprake van een wereldwijde commoditymarkt. Dit houdt onder andere in dat er sprake is van fysieke goederen met uniforme (gestandaardiseerde) kwaliteit. De verwachting is dat de druk op deze markt, zoals voor vele grondstofmarkten, in de komende jaren verder toe zal nemen op basis van wereldwijd toenemende vraag naar (biobased) grondstoffen (PwC 2011). Hergebruik van vezelstromen kan daarin (gedeeltelijk) voorzien, zoals blijkt uit de onderstaande grafiek. Ook alternatieve cellulosebronnen zoals zeefgoed kunnen in potentie een bijdrage leveren aan deze markt.

De omvang van papierrecycling op Europese schaal heeft een maximum van ruim 70 %. Als gevolg van de economische crisis in 2008/2009 is de vraag, met name in China, gedaald. Deze daling is ook terug te vinden in de grafiek. Dit had ook direct weerslag op de prijzen (PwC 2011).

Alternatieve markten: biobased chemicals en energietoepassingen

De elasticiteit in de (zeefgoed)cellulosemarkt wordt naast vraag en aanbod voor een belangrijk deel bepaald op basis van de mogelijke omschakeling naar alternatieve grondstoffen. Zeefgoedcellulose concurreert in potentie met name met oud papier. Daarnaast kan het zeefgoed worden ingezet als brandstof (energiepellets) of als grondstof voor industriële processen, zoals productie van bio-ethanol en bio-plastics. Deze substitutiemarkten kennen een eigen dynamiek en eigen prijsstelling. Gezamenlijk bieden ze een bruikbare referentie voor de (toekomstige) waardering van zeefgoedcellulose.

FIGUUR 5.4 TRENDLIJN OMVANG EUROPESE PAPIERRECYCLING, [HTTP://WWW.PAPERFORRECYCLING.EU/FACT-FIGURES/FIGURES](http://www.paperforrecycling.eu/fact-figures/figures)

De markt voor biobased grondstoffen is in de afgelopen jaren op gang gekomen. We concentreren ons hier op de productie van suikers zoals ook gebruikt worden voor bio-ethanol en PLA-productie. Daartoe dient de zeefgoedcellulose gehydrolyseerd en gefermenteerd te worden. Deze markt draait voornamelijk op basis van de grondstoffen suikerriet en mais, zoals respectievelijk in Brazilië en Amerika veel gebeurt. De prijs voor suikers schommelt rond 300 a 400 euro per ton. Om tot dergelijke suikers te komen is na de opwerking van zeefgoed tot schone vezelpulp dus hydrolyse, fermentatie en droging noodzakelijk. Vooralsnog lijkt met name de inzet van de benodigde enzymen tot sterke kostprijsverhoging te leiden, waardoor deze route economisch minder aantrekkelijk is (intern onderzoek Bioclear, pers comm industriële partijen). De gespecificeerde kostprijs voor opwerking door middel van deze stappen vergt nader onderzoek.

Energiewinning uit afval is een economisch interessante toepassing. Dit geldt mogelijk ook voor energiepellets uit zeefgoed. Dit komt met name omdat de Nederlandse overheid het omzetten van rest- en afvalstromen in energie stimuleert. Zo ondervinden AVI's (verbrandingsovens) bijvoorbeeld financieel voordeel bij deze vorm van afvalverwerking (ING, 2010). Zo langzamerhand zien we dat dit huidige overheidsbeleid de ontwikkeling van hergebruik als grondstof remt. Er is sprake van een langdurige disbalans op de energie-grondstoffenmarkt (voor de bronnen die zowel voor energie- als grondstofdoeleinden kunnen worden ingezet). Vanuit milieukundig oogpunt is een hogere verwaarding, in de vorm van een grondstof veelal een wenselijker route.

Ook binnen de watersector zien we deze op onderdelen ogenschijnlijk tegenstrijdige ontwikkelingen concreet terugkomen in de initiatieven Energiefabriek en Grondstoffenfabriek. Veel afvalstoffen zijn geschikt als brandstof, echter en niet alle afvalstoffen zijn geschikt als grondstof. Vanuit zowel economisch als milieukundig oogpunt is het daarom zinvol in kaart te hebben wat de hoogst haalbare toepassing (ook economisch) voor een bepaalde afvalstroom is en op basis daarvan strategische keuzes te maken ten aanzien van ketenontwikkeling.

Om een langdurig economisch stabiele keten op te bouwen dient een zogenaamd *level playing field* voor energie- en grondstoftoepassingen gecreëerd te worden. Deze beweging wordt door de watersector onderschreven door de ontwikkeling van De Grondstoffenfabriek. Ook binnen sectoren als de chemische industrie wordt hier op ingezet. Samenwerking hierin strekt tot de aanbeveling.

Groenwaarde en imago

De prijs en waardering voor zeefgoed kan, naast één op één substitutie in de hierboven beschreven markten ook extra economisch gewaardeerd worden op basis van (veronderstelde) betere milieuprestatie. Om dit mogelijk te maken dient zeefgoedcellulose vanuit milieuperspectief aantoonbaar beter te scoren en dient dit ook doorvertaald te kunnen worden naar de eindgebruiker. Door middel van LCA-methodologie kan dit inzichtelijk en aantoonbaar gemaakt worden. Certificering is een middel om deze kwaliteit inzichtelijk te maken richting de (eind)gebruiker. Cradle@Cradle-certificering is daarvan een bekend voorbeeld, een andere is het EU Ecolabel¹². Of en hoe deze milieukundige waarde ook door te vertalen is naar financiële waarde is vooralsnog diffuus. Dat is namelijk sterk afhankelijk van de mate waarin de eindgebruiker dergelijke kwaliteit waardeert. Indicatief kan daartoe naar de prijsontwikkeling rondom biologisch vlees, scharrelkippeieren en groene stroom gekeken worden.

Een andere kant van de medaille is dat indien de (eind)gebruiker een negatieve associatie heeft met hergebruik van toiletpapier dit mogelijk resulteert in negatieve (financiële) waarde. Binnen diverse marktsegmenten, waaronder (delen van) de papier- en kartonindustrie en chemische industrie lijkt deze vrees vooralsnog te heersen. Dat resulteert vooralsnog in terughoudendheid ten aanzien van toepassing.

Prijsindicatie

Op basis van het voorgaande moet gesteld worden dat de marktwaarde voor cellulose uit zeefgoed bepaald wordt op basis van/afhankelijk is van diverse variabelen:

- prijsstelling in de oud papiermarkt;
- prijsstelling in substitutiemarkten;
- de mate van duurzaamheidwaardering/angst voor imagoschade.

Daarmee is een eenduidige prijsbepaling in dit prille marktstadium niet eenvoudig of zelfs beperkt waardevol. Om toch een uitspraak te kunnen doen richten we ons met name op de meest relevante en toegankelijke markt, namelijk die van oud papier.

Zeefgoed en oud papier kennen beide eigen kwaliteiten als hygiëne en inktvervuiling. Ze zijn daarmee niet één op één vergelijkbaar. Pas na verschillende behandelingen voldoen beide stromen aan vergelijkbare eigenschappen. Dat betekent dat slechts de marktprijs voor inkoop in combinatie met de kostprijs voor opwerking tot een juist prijsvergelijk leidt.

Op basis van signalen uit de papierindustrie schommelt de waarde van oud papier momenteel zo tussen 130 tot 150 €/ton ds (begin 2013). Op basis van het recente verleden blijkt de marge zich te strekken van € 75,- als ondergrens tot zelfs richting 1000,-¹³ per ton. Aangevuld met het verschil in operationele opwerkingskosten van zowel zeefgoedcellulose als oud papier (maximaal enkele tientallen euro's per ton extra voor zeefgoed, zoals besproken onder 'kostprijs opwerking') moet geconcludeerd worden dat er voldoende marge is om een werkbare keten te ontwikkelen.

12 Zoals onder 'Kaders voor ontwikkeling' reeds beschreven biedt dergelijk inzicht ook argumenten voor de waterschappen voor het maken van keuzes in grondstoffenverwaarding. Vanuit maatschappelijke verantwoordelijkheid is de milieukundig best scorende verwaardingroute immers wenselijk.

13 Uiterste prijspiek in 2008 op basis van signalen uit de markt, waarbij de kwaliteit onduidelijk is. Mogelijk betreft het hier virgin fibre.

5.4 CONCLUSIES MARKTPERSPECTIEF

De voorgaande onderdelen geven gezamenlijk een perspectief voor de marktontwikkeling en marktwaarde van cellulosevezels uit zeefgoed. Op basis van deze uitwerkingen concluderen we dat vanuit economisch perspectief de verwaarding van zeefgoed tot grondstof een ontwikkeling met economisch ruim voldoende potentie is.

De papier- en kartonindustrie is op basis van vigerende End-of-waste-criteria in eerste instantie niet binnen bereik voor de toepassing van zeefgoed. De kansen voor zeefgoed liggen daarvoor voornamelijk in het bedienen van nichemarkten. Om een verwaardingsketen van zeefgoed te kunnen ontwikkelen en daarmee het potentieel optimaal te kunnen benutten dient (minimaal) aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- constante kwaliteit in aanbod
- constante kwantiteit in aanbod
- voldoende massa om een verwerkingslijn met passende schaalgrootte te ontwikkelen.

Voor wat betreft de kostprijs van opwerking kan gesteld worden dat deze zich goed verhoudt tot de kosten voor opwerking van oud papier in de papierindustrie. We zien een verschil in operationele opwerkingskostprijs van enkele tientallen euro's per ton om te komen tot vergelijkbare kwaliteit. Dit betekent dat vanuit technisch-economisch perspectief de waarde van zeefgoed zich nagenoeg kan verhouden tot die van oud-papier (mits voldaan kan worden aan voldoende schaalgrootte in aanbod).

Wanneer we het verschil kostprijs voor opwerking afzetten tegen prijsmarge 'zeefgoed - oud papier' kunnen we constateren dat er voldoende ruimte is waarbinnen de markt kan ontwikkelen. Dit betekent dat de waterschappen als leverancier in de basis een sterke uitgangspositie in de markt hebben.

Een bottleneck kan zijn dat de prijzen voor bio-energie kunstmatig verhoogd worden. Dit kan voor de kortere termijn resulteren in de keuze voor de productie van bijvoorbeeld energiepellets, omdat deze economisch beter scoort. Vanuit milieukundig perspectief lijkt deze keuze vooralsnog niet de juiste te zijn. Bovendien mag verwacht worden dat deze kunstmatig hoge prijs op termijn zal afnemen waarmee een nieuw evenwicht ontstaat.

Samengevat is vanuit economisch oogpunt de ontwikkeling van een verwaardingsketen onder de beschreven voorwaarden zondermeer mogelijk.

6

KETENONTWIKKELING

Uit het onderzoek komt een aantal aspecten naar voren die richting geven aan de configuratie van de zeefgoedketen. Het begin van deze hier besproken keten is de winning van het zeefgoed op de rwzi; voor dit onderzoek is het eindpunt van deze keten gelegd bij een schone, opgewerkte vezel die klaar is voor hergebruik in diverse toepassingen.

De benodigde technologische opwerking, de benodigde faciliteiten, maar mogelijk ook de handelspositie zijn factoren die mede bepalend zijn voor de inrichting van de keten.

6.1 TECHNISCHE KETEN

De technologische keten die uit het onderzoek naar voren komt bestaat uit een aantal min of meer losstaande bewerkingen, waarvan de volgorde deels vrij te kiezen is:

- Productie van zeefgoed: gebonden aan de rwzi, schaal bepaald door de omvang van de zuivering;
- Zuivering: combinatie van herpulpen, screening en cycloneren. Deze bewerkingen zijn het beste als een eenheidsbewerking op te vatten;
- Hygiëniseren: zowel de schaal als de locatie van deze bewerking zijn vrij te kiezen; vroeg in de keten hygiëniseren heeft als voordeel dat de vetzuurproductie geminimaliseerd kan worden, wat geurontwikkeling tegengaat;
- Indikken en drogen: een enkele stap die aan het einde van keten plaatsvindt.

Uit de resultaten van dit onderzoek tekent zich een ketenopzet af die in hoofdzaak bestaat uit twee fysieke elementen, met een derde in het verlengde daarvan. Productie van zeefgoed is gebonden aan de rwzi, terwijl de opwerking het meest waarschijnlijk gecentraliseerd kan plaatsvinden door een gespecialiseerde partij. Daarna is het materiaal beschikbaar voor hergebruik door eindgebruikers. De economische marges in de keten lijken voldoende om deze ketenconfiguratie te kunnen ondersteunen.

Praktisch ligt het voor de hand dat hygiëniseren plaatsvindt op locatie bij de opwerking van de vezel. In dat geval kan de keten technologisch opgedeeld worden in de zeefgoedproductie en de opwerking, inclusief hygiëniseren en indikken/drogen. De koppeling tussen deze laatste twee ligt ook voor de hand omdat beide een aanzienlijke warmtevraag kennen.

Vanuit het perspectief van wet- en regelgeving dient er bij voorkeur een keten ontwikkeld te worden die gebaseerd is op bekende, goed beschreven processen en met een zekere afzet. Door hier op in te zetten wordt de juridische drempel tot goedkeuring namelijk maximaal verlaagd.

Deze situatie is het meest eenvoudig te creëren door gebruik te maken van bestaande (proces-)infrastructuur, inclusief reeds beschreven en bewezen procestechnologie. Als secundaire optie heeft een omgeving met goede faciliteiten, die bekend is met het opzetten van nieuwe

processen op basis van bestaande apparatuur de voorkeur. In dat geval kan gedacht worden aan de afvalsector of op een rwzi-locatie.

Tegen deze context heeft opwerking van zeefgoed op een installatie in de context van de papier- en kartonindustrie de voorkeur. In deze situatie kan gewerkt worden vanuit een reeds volledig beschreven situatie.

Aangetekend dient te worden dat de zeefgoedcellulose in dat geval niet alsnog als grondstof voor papier ingezet wordt, maar voor nichemarkten zoals beschreven.

6.2 ECONOMISCHE EN ORGANISATORISCHE ASPECTEN

De richtinggevende economische kaders voor de fysieke samenstelling van de keten zijn de 'economy of scale' van de opwerking en de transportafstanden van (vochthoudend) materiaal. Onderzoek naar schaal-effecten dient te worden uitgevoerd, maar op basis van de schaalgrootte van papierfabrieken mag verwacht worden dat toenemende schaalgrootte voordelig zal zijn voor de opwerking. Toenemende schaalgrootte vraagt echter ook transport over langere afstand. Hoe groot het schaalvoordeel is en wat de optimale schaalgrootte is in relatie tot transportafstanden, dient nader onderzocht te worden alvorens de keten (geografisch) verder wordt ontwikkeld.

Voor de waterschappen houdt dit in dat het zeefgoed na productie wordt overgedragen aan een externe partij. Omdat de keten nu nog niet functioneel is, strekt het tot aanbeveling dat de watersector de ontwikkeling van de keten actief ondersteunt: de sector is nadrukkelijk belanghebbend bij het tot stand komen van de keten, omdat het de mogelijkheid biedt tot substantiële kostenreductie. De aanwezigheid van de verwachte prijsmarges biedt namelijk nadrukkelijk ruimte voor de ontwikkeling van de keten en onderhandeling, waarbij een deel van de marge ten goede kan komen aan de watersector. Dit heeft als netto resultante een reductie van de kosten van slibverwerking.

Net als bij de drinkwaterbedrijven sterkt de oprichting van een gezamenlijke entiteit voor de verdere verwerking van zeefgoed tot de aanbeveling. Deze kan naast zeefgoed wellicht ook bruikbaar zijn voor andere rwzi-grondstofvervaardingsketens zoals voor gewonnen struviet.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 CONCLUSIES

In dit onderzoek is nagegaan of er voldoende basis bestaat om uit zeefgoed een breed inzetbare vezelgrondstof te maken. Zowel technologisch als economisch blijkt er voldoende basis voor een ontwikkeling van een economische keten, of ketens.

Het zeefgoed zoals het gewonnen wordt in de proefinstallatie in Blaricum kan met bestaande technologie uit de papierindustrie opgewerkt worden tot een kwaliteit die aansluit bij de wensen van potentiële eindgebruikers. In een aantal gevallen zal er een nabewerking moeten plaatsvinden die klantspecifiek is. Deze bewerkingen zijn in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Van het zeefgoed kan circa 65% opgewerkt worden tot vezelgrondstof. Het overige materiaal bestaat uit grove, niet-vezelachtige delen en 'fines': kleine vezels en zand.

De economische potentie van zeefgoed is gebaseerd op het verschil in inkoop prijs tussen de standaard vezelbron oud papier en het zeefgoed. Om te komen tot een droge, losse vezel moet zowel de standaard als het zeefgoed bewerkt worden. Alhoewel de bewerkingsketens verschillen, blijft over de hele opwerking het aanvankelijke prijsverschil voldoende behouden. Dit geeft aan dat uit zeefgoed teruggewonnen vezels een positieve marge hebben ten opzichte van de standaard en dus een basis bieden voor de ontwikkeling van een economisch rendabele keten. Toepassingen waarvoor oud papier niet de standaard referentie is, hebben een ander economisch profiel. Met name fermentatietoepassingen, gebaseerd op suikers, lijken vooralsnog economisch minder interessant.

De ontwikkeling van de zeefgoedketen kent een aantal aspecten die nadrukkelijk aandacht verdienen. De Nederlandse wetgeving staat hergebruik niet zondermeer toe. In de basis kan ontheffing verleend worden voor een in detail gespecificeerde en gegarandeerde hergebruiksketen. Door de keten te baseren op bestaande technologie en mogelijk bestaande processen kan realisatie van een dergelijke keten sterk versneld worden.

Metingen tonen aan dat zeefgoed beschouwd moet worden als sterk onhygiënisch materiaal. In het zeefgoed is een grote diversiteit aan pathogene micro-organismen aangetroffen. Dit geeft aan dat hygiëniseren een noodzakelijke stap is om te komen tot een herbruikbaar materiaal. Autoclaveren lijkt een zeer effectieve manier om te komen tot een voldoende reductie van de microbiologische besmetting.

Diverse aspecten die betrekking hebben op de technologische invulling, de schaal van bewerking en de beschikbaarheid van faciliteiten suggereren dat een gecentraliseerde opwerking van zeefgoed kansrijker is dan een opwerking op de plaats van productie, de rwzi. Buiten de watersector hebben met name de papierindustrie en de afvalsector belangstelling getoond om deze rol in te gaan vullen. Partijen in beide sectoren beschikken in meer of mindere mate over de benodigde technologie en/of de faciliteiten.

Diverse eindgebruikers hebben hun belangstelling voor het materiaal bevestigd en een aantal mogelijke nieuwe eindgebruikers heeft belangstelling getoond. Het gaat daarbij om toepassing is wegebouw, als isolatiemateriaal, productie van chemicaliën en productie van composieten. Deze belangstelling dient nog bevestigd te worden aan de hand van verkennende testen met opgewerkt materiaal.

Deze interesse is tweeledig. Enerzijds ziet men in zeefgoed een economisch aantrekkelijke bron voor cellulose, anderzijds zien enkele bedrijven voornamelijk de milieukundige voordelen. Voor beide categorieën geldt dat er in meer of mindere mate terughoudendheid bestaat waar het gaat om openheid ten aanzien van zeefgoedtoepassing vanwege imago's.

7.2 AANBEVELINGEN

De technologische basis die is vastgesteld in dit onderzoek dient op grotere schaal getest te worden. Aanbevolen wordt een pilotexperiment uit te voeren, al dan niet in samenwerking met een partij die de opwerking gaat uitvoeren. Met het geproduceerde materiaal kunnen proeven uitgevoerd worden bij eindgebruikers, waarmee het marktpotentieel nadrukkelijk geconcretiseerd wordt.

Door een werkende keten van fijnzeven tot eindgebruiker te demonstreren wordt het proces van verwaarding concreet. Op basis daarvan kan een route naar wettelijke vrijstelling verkregen worden. Die route kan dienen als opmaat naar een bredere acceptatie van vezels uit zeefgoed als grondstof voor hergebruikdoeleinden.

Aan de hand van het pilotexperiment kan ook het beeld van de economie van de keten nader uitgewerkt worden. Belangrijk daarbij is dat bij toenemende detaillering de bevinding uit dit onderzoek dat de keten economisch levensvatbaar is kan worden bevestigd. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om een investeringsraming en geografische ligging van een opwerkingslocatie. Ook kunnen eventuele vervolgbewerkingstappen geïdentificeerd worden voor de diverse afzetroutes.

De beschikbaarheid van zeefgoed is een belangrijke potentiële beperking voor de verdere ontwikkeling van de keten. Initiatieven bij een tweetal waterschappen om ook fijnzeven te gaan plaatsen bieden perspectief op een meer stabiele productie van zeefgoed van een wat grotere productieomvang. Dit is van doorslaggevend belang voor de verdere ontwikkeling van de keten. Buiten zeefgoed zijn er diverse andere 'afvalvezelstromen'. Bij partijen buiten de watersector wordt reeds onderzocht of er potentie is om deze stromen geschikt te maken voor hergebruik (luis- en incontinentiemateriaal). Aanbevolen wordt om met deze partijen in gesprek te gaan om de mogelijkheden te onderzoeken voldoende schaalgrootte te creëren en zo gezamenlijk een sterkere marktpositie te kunnen opbouwen.

Alhoewel het milieuvoordeel van hergebruik van zeefgoed evident lijkt, is dat nog niet vastgesteld. Om na te gaan of opwerking en hergebruik van zeefgoed past in de vergroeningsdoelstellingen van de waterschappen, wordt aanbevolen om een Life Cycle Analysis (LCA) uit te voeren. Inzicht in milieu-impact van de verschillende verwaardingsroutes geeft ook zicht op de economische duurzaamheid (dus op de langere termijn) van de verschillende routes en kan als zodanig een extra argument vormen bij een keuze daarin.

8

BRONNEN

- Biorenewables Business Platform, *Cellulose, een eindeloze bron van mogelijkheden*, 2011
- European Declaration on Paper Recycling (ERPC), *Paper Recycling Monitoring report 2011*, 2011
- Europese-Kaderrichtlijn-Afvalstoffen, *RICHTLIJN 2008/98/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD*, 2008
- Eurostat European Commission, *European Business, Facts and figures*, 2009
- (EC, IPPC) European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, *Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry*, 2001
- ING Economisch Bureau, *De strijd om afval, van waste naar winst*, 2010
- PwC, *Growing the Future, Exploring new values and new directions in the Forest, Paper & Packaging industry*, 2011
- STOWA, *Op weg naar de RWZI 2030*, rapport 2010-11
- STOWA, *Influent fijnzeven in rwzi's*, rapport 2010-19
- STOWA, *Verkenning naar mogelijkheden voor verwaarding van zeefgoed*, rapport 2012-07
- SVA, *Transport van afval, Het transporteren, registreren en melden van afvalstoffen*.

BIJLAGE 1

RESULTATEN ANALYSES KADANT

1. TRIAL PURPOSE

- ✓ Determine the cellulosic fibres content in the final sludge.
- ✓ Find a process to recover these fibres.

2. LAB MEASUREMENTS

General aspect:

- Color: brown
- Smell: strong, foul.

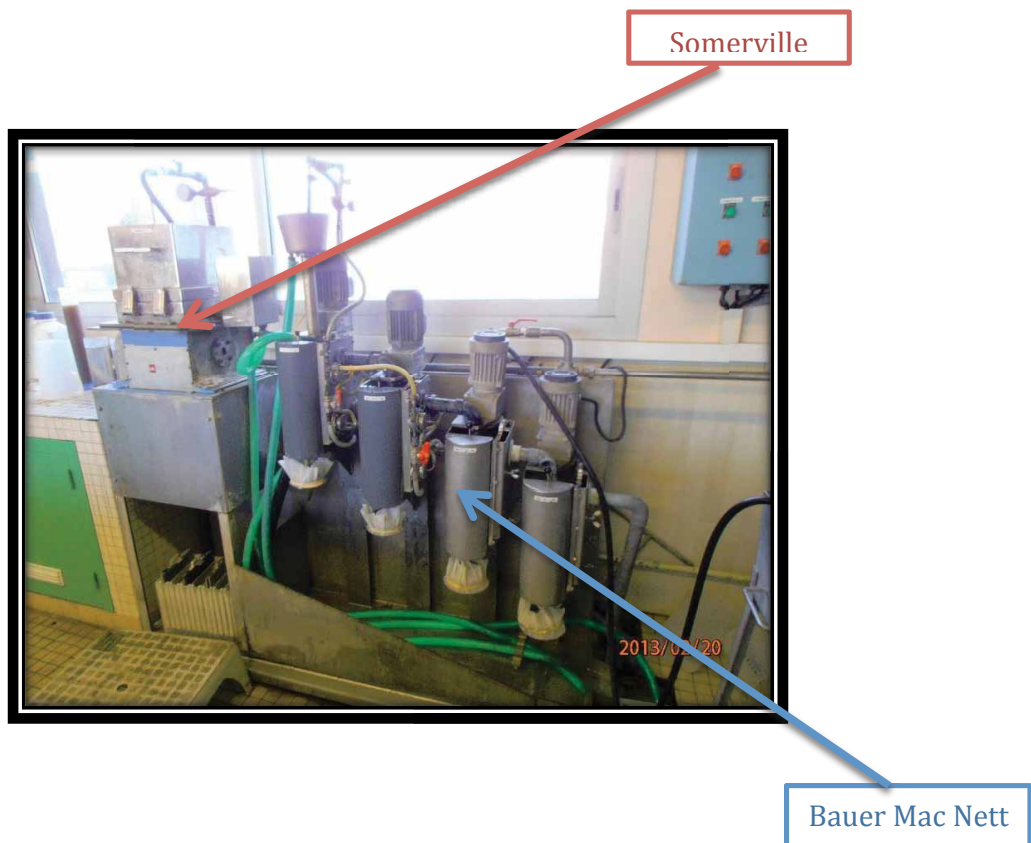


Measurements achieved:

- Dry extract: paper filter, porosity=15 μm , ashless, 84 g/m² (Sartorius 1388).
- Ash content: incineration is done at 575 °C, a temperature at which carbonates contained in waste paper are not destroyed.
- Contaminants: Somerville device
 - Sampling of an equivalent 25 g (dry)

- Pass on SOMERVILLE with slotted plate 0.15 mm during 20 minutes.
- Weighing of residual flakes and contaminants on the plate
- Result expressed in %.

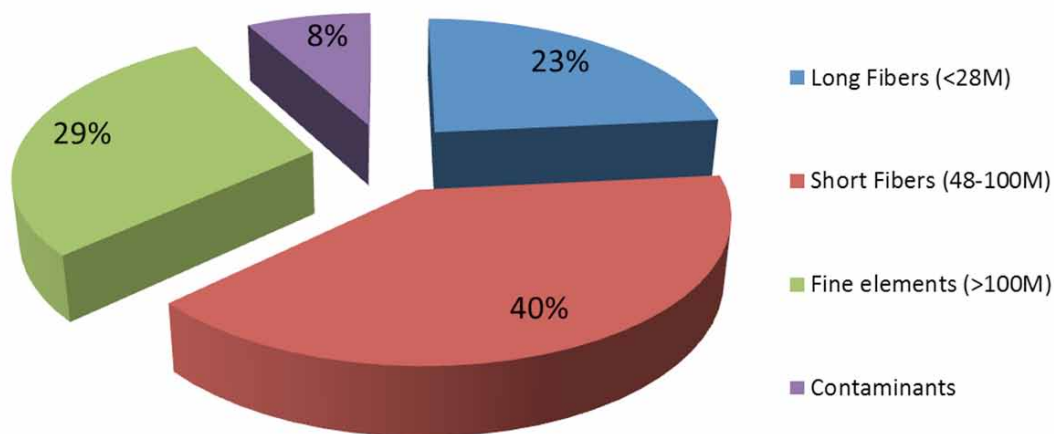
- Fiber amount and fiber length distribution : Bauer Mac Nett device
 - The accepted of Somerville are putting on Bauer Mac Nett equipped of different plates of 14, 28, 48 and 100Mesh during 15min.
 - Weighing of each part and result expressed in %.



3. LABORATORY MEASUREMENTS

3.1. GENERAL RESULTS

C%	Ash rate (575°C)	Contaminants (>0,15mm)	Fibers repartition (Bauer Mc Nett)				
			14M	28M	48M	100M	> 100M
14,60%	3,68%	8,00%	6,85%	16,58%	24,47%	15,16%	28,95%



➔ Fine elements + ash/sand (mineral part) = 29%

➔ Fibers recovered (>100Mesh) = 63%



PICTURE 1: RETAINED BAUER MAC NETT OVERVIEW

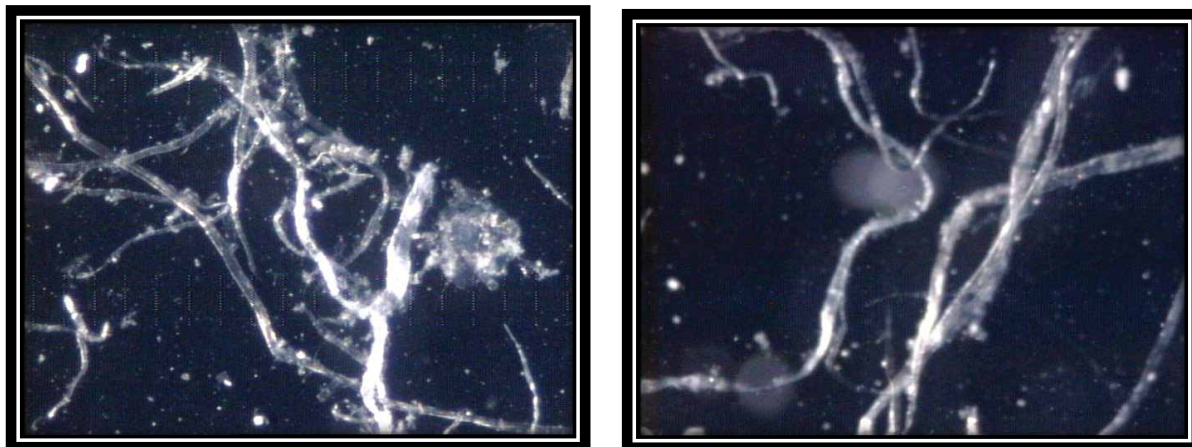


FIGURE 2: CONTAMINANTS (SOMERVILLE RETAINED)

The contaminants are various: we found mainly sesame seeds, wheat residues, vegetable peeling and some straw.

NB : Handsheets in annex.

3.2. MICROSCOPIC OBSERVATIONS



PICTURE 3: MAGNIFICATION X160

→ High quality fibers, many long fibres.

4. CONCLUSION

Many fibres can be recovered (63%), it's a real potential for paper industry BUT microbiological side must be solved before (chemical treatment to destroy bacteria for example...).



BIJLAGE 2

RESULTATEN ANALYSES PAPIERINDUSTRIE

ONDERZOEK AAN ZEEFGOED

Het zeefgoedproject wordt door KNN/Bioclear in opdracht van de STOWA/Grondstoffenfabriek ontwikkeld en uitgevoerd. In het zeefgoedproject wordt een route verkend om uit 'afgezeefd toilet papier' een grondstof te maken voor uiteenlopende vezeltoepassingen en mogelijk breder. Als onderdeel hiervan zijn er door het laboratorium een aantal (vezel-)onderzoeken gedaan. Het aangeboden monster (dd 14 september 2012) heeft het kenmerk "spoeling heet water I3". Het monster bevat veel 'vuil' (niet vezelmateriaal), als eerste methode is fractionering toegepast om dit vuil af te scheiden.

FRACTIONERING 1

Om de vezel massa klontvrij te krijgen is 50 gram nat materiaal (Ds gehalte 14,4 gram) opgeklopt in een Lorentz en Wettre pulp desintegrator standaard 30000 omw (2ltr water 80 °C). Vervolgens is dit materiaal gefractioneerd via zgn. Bauer mac. Nett. fractioneerder. Gebruikte zeven 14, 30, 50 en 200 mesh. De keuze voor deze zeven komt voort uit een combinatie van de gebruikelijke metingen voor korte en lange vezels.

Ter illustratie;

Zeef bezetting voor medium vezellengte is normaal 14 30 50 100. Voor korte vezellengte bv newsprint pulp wordt 30 50 100 200 gebruikt. Voor TMP en PM pulp geeft dit onderstaande waarden;

- TMP (hout) pulp vinden we 44, 9, 7, en 7 en rest 30 gew %
- PM pulp (mengsel OI en tmp 80/20) 20, 6, 5, 5 en rest 63 gew %

Normaal passeren vezels met lengte tot 2 x de opening het zeef.

Resultaten van het Zeefgoed;

Opbrengst per fractie in gewichtspercentage.

- A Op zeef 14 opening (1,19 mm) bleef achter 8 gew. % bestaat vooral uit onbruikbaar grof materiaal
- B Op zeef 30 opening (0,545 mm) bleef achter 29 gew. % bestaat vooral uit verontreinigde lange witte vezel
- C Op zeef 50 opening (0,324 mm) bleef achter 3 gew.% bestaat uit grijzig (zand?) verontreinigde vezel.
- D Op zeef 200 opening (0,074 mm) bleef achter 13 gew.% bestaat uit grijzig (zand?) verontreinigde vezel
- E Fijnfractie weggespoeld door zeef 200 47 gew. % is verschil tussen ingezette hoeveelheid 100% en gevonden zeeffracties.

FOTO VERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE FRACTIES



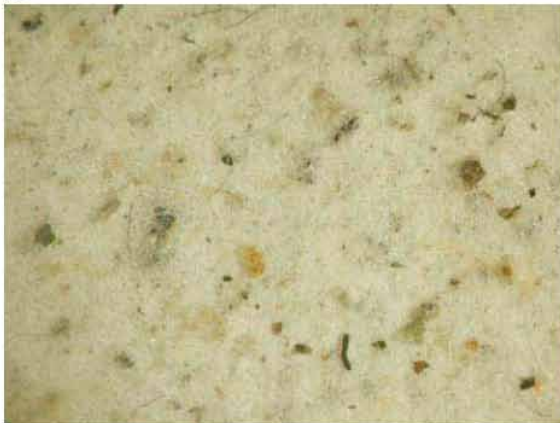
EN AFZONDERLIJKE FRACTIES. VIA MICROSCOOP 20X VERGROOT BEHALVE FRACTIE A DEZE 8 X VERGROOT



A



B



C



D

Tevens is vulstofgehalte bepaald van de totale monster en van fractie B en D

Totaal vulstof(550c) 5,3gew. % (op drooggewicht)

Fractie B 2,1% en fractie D 10 %

(tijdens fractioneren ontstaat er **geen** filtermateriaal op het zeef, vulstof wordt dus alleen door zeef tegen gehouden gem. vulstof grootte ligt tussen twee zeefmaten in).

De aangetroffen vervuiling (vermoedelijk gestold vet) in het microscoopbeeld van fractie B en D (die de meeste vezels bevatte) gaf aanleiding tot het doen van een aceton extractie. De opbrengst van de aceton extractie is 2 gew.% op droge stof. Ter vergelijking in niet houtvrij papier is extraheerbaar restant 0,3 tot 0,5 % (harsen, lignines en zgn. stickie materiaal).

FRACTIONERING 2

De resultaten tot nu toe gaven aanleiding om te zoeken naar een methode om een betere scheiding tussen vuil en vezel te verkrijgen. Er is gekozen om met een gecombineerde opstelling te werken. Deze combinatie bestaat uit een zgn. Pulmac masterscreen, dit is een sleuven screen (150um), en aansluitend een sortering via zeef 16 en zeef 200 op de Bauer mac Nett.

Ingezet 10 gram droog materiaal deze eerst opgeklopt in Lorentz en Wettre pulpdesintegrator standaard 30000 omw. (in 2ltr water 80c) Dit dunne pulpmonster via de Pulmac sleuven sorteerder gesorteerd. Het gesorteerde vuil opgevangen en gedroogd. De normaal weggespoelde vezels zijn nu via de nageschakelde Bauer mac Nett in twee stappen opgevangen en afgescheiden van het spoelwater. Gebruikte zeven 16 (1.0 mm) en 200 (0.074 mm). alle opgevangen vezels verzameld en gedroogd.

RESULTAAT

Er is een grotere vezel opbrengst, totaal 65 %. De sleuven sortering geeft een betere scheiding tussen vezelmateriaal en grover vuil. Echter het vuil dat in de vezels achterblijft lijkt wat hoeveelheid betreft hetzelfde als bij de fracties B, C en D in de eerste proef.

Van de 10 gram droge stof;

- was nu 1,7 gram uitgesorteerd vuil van de sleuven sorteerder, en
- totaal 6,5 gram opgevangen maar nog steeds vervuilde vezel (van zeef 16 en 200). Het verschil 1,8 gram, is weggespoelde rest " fines" < 0.074 mm.

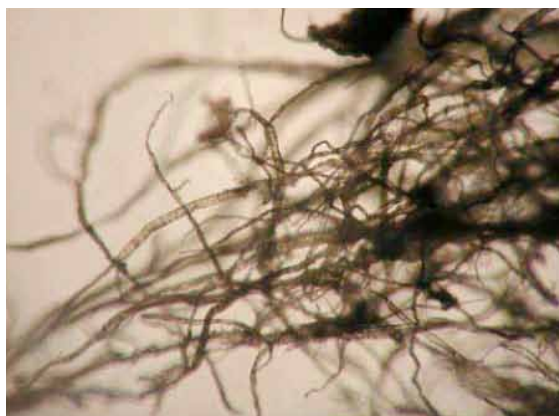
VUIL VAN SLEUFSORTEERDER 8X VERGROOT



BLADVORMING

Van de gesorteerde vezel is op een standaard bladvormer (Ernst Haage) een blaadje gemaakt van circa 70grams, de vervuiling is echter nog steeds gigantisch waardoor een beoordeling (inschatting) van de optische en sterkte eigenschappen niet te maken is. Het gevormde blad is nog zeer fluffy/volumineus en heeft nauwelijks sterkte. Ter vergelijking: blaadjes van wit en grijs wc papier gemaakt door wcpapier te verpulpen en op gelijke wijze te sorteren via de Pulmac en Bauer mac Nett. Deze blaadjes hebben een hoge sterkte. De Zeefgoed vezel waarvan een blaadje is gemaakt heeft hoog langvezel aandeel. Alle vezels behalve de “fines” fractie zijn gebruikt voor het maken van een blaadje. Dit gebruikte Zeefgoed vezel mengsel lijkt sterk op een ongemalen vezel, de CSF waarde is ongeveer 700 ml(= ongemalen Celstof). De wcpapier vezelpulp heeft een CSF ca 325 ml (CSF staat voor Canadian Standard Freeness en is een maat voor de maling van de vezel). Een blaadje gemaakt van gefractioneerde Zeefgoed vezel waar de langvezel fractie uit verwijderd is (Bauer mac Nett zeef 14 (ca. 1,2 mm), voelt sterker aan maar heeft nog steeds een lage sterke. Vermoedelijk wordt met de Zeefgoedzeef voornamelijk de lange (ongemalen) celstof vezel uit het riool afgevangen waardoor bij bladvorming een zeer volumineus papier zonder sterkte ontstaat. De overmatig aanwezige vervuiling draagt hier ook aan bij.

De Zeefgoed vezel moet dan ook een verdere maling ondergaan voordat het geschikt is als papiervezel in onze toepassing.



Zeefgoed vezel 100X



wcpapiervezel 100X



Zeefgoed vezel 400X



wcpapiervezel 400X

CONCLUSIE EN VERDERE ONDERZOEKSVRAGEN

Er moet benadrukt worden dat de verwachte variaties in de 'kwaliteit' van het zeefgoed groot zullen zijn. Deze onderzoeken zijn gedaan op 'slechts' 50 gram monstermateriaal. Zeefgoed bevat circa 45%-65% bruikbaar (maar nog wel vervuild) vezelmateriaal (fractie B, C en D). De vuil fractie A is vermoedelijk met bestaande technieken Cleaners (licht en zwaar) en Rotor zeven goed te verwijderen. Dit wordt door de Pulmac sortering bevestigd. Er van uitgaande dat het gemeten vulstof gehalte vooral zand is, is de gevonden 5 % hoog te noemen (slijtage in procesonderdelen zoals cleaners). De mogelijkheden van het verwijderen van de vervuiling in fractie B, C en D laat zich moeilijk beoordelen. Microscopie geeft aan dat het hier gaat om o.a vliesjes van zaden, vet (extractie gaf 2 gew.%) en vooral verkleinde stukjes van hetzelfde vuilbeeld als in de gesorteerde vuilfractie A. Ik verwacht dat ook deze vuildelen zich middels de bestaande technieken van rotorzeven en licht/zwaar cleaners laten verwijderen. Maar dat zal bij leveranciers van die apparatuur getest moeten worden. Lukt dat niet dan vormt dit vuil een onneembare hindernis voor een toepassing in het papier. Ook het hoge vet (extraheerbare stoffen) aandeel is reden tot zorg. Verder moet deze vezelstroom worden nagemalen om geschikt te zijn als papiervezel voor ander drukwerk dan waarvoor de vezel al gebruikt is.

BIJLAGE 3

KOSTPRIJSINDICATIE OPWERKING ZEEFGOED

Op basis van energiekosten aangevuld met stelsposen voor arbeid waar van toepassing, exclusief CAPEX en onderhoud

UITGANGSPUNTEN									
Cellulose %	70%								
Energieinh. Aardgas	31,65 MJ/Nm ³								
Kostprijs aardgas	€ 0,20 per m ³								
Kostprijs elektriciteit	€ 0,12 per kWh								
PROCESONDERDELEN									
Bewerkingsstappen Procestechnologie	Hygiëniseren	Verdunnen/ontsluiten	Pulpen	Dikstofreïning	Ink/Vulstof verwijdering	Zuiveren fijn	Inblikken	Drogen	Verpakken
	Autoclaaf	Drum	Drum	Cycloon	Flotatie	Cycloon	Indikker	Thermisch	
% ds input	50%	50%	50%	2%	2%	2%	2%	50%	85%
% ds output	50%	2%	2%	2%	2%	2%	50%	85%	85%
m ³ aardgas/ton input	19,7							83,3	
kWh/ton input	45,0	3,8	7,5	1,0	3,2	1,0	2,6	36,6	
€ gas / ton eindproduct	€ 3,95	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	16,7	€ -
€ elektriciteit / ton input	€ 5,40	€ 0,45	€ 0,90	€ 0,12	€ 0,38	€ 0,12	€ 0,32	4,4	€ -
Kosten overig /ton input (arbeid, kapitaal e.d.))	€ 5,00								€ 10,00
Totale (€ / ton input)	€ 14,35	€ 0,45	€ 0,90	€ 0,12	€ 0,38	€ 0,12	€ 0,32	€ 21,04	€ 10,00
Bron	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ZEEFGOED Pulp t.b.v. chemicals									
Massa totaal	2857	2857		71429		50000	50000		
- water	1429	1429		70000		49000	49000		
- ds	1429	1429		1429		1000	1000		
Gas	€ 11,28	€ -	€ -	€ -		€ -	€ -		
Elektriciteit	€ 15,43	€ 1,29	€ -	€ 8,57		€ 6,00	€ 15,84		
Kosten overig /ton input (arbeid, kapitaal e.d.))	€ 5,00	€ -	€ -	€ -		€ -	€ -		
Totaal	€ 31,71	€ 1,29	€ -	€ 8,57		€ 6,00	€ 15,84		
Cummulatief	€ 31,71	€ 33,00	€ 33,00	€ 41,57	€ 41,57	€ 47,57	€ 63,41		
ZEEFGOED Losse cellulosevezel (afdr.rem./iso)									
Massa totaal	2857	2857		71429		50000	50000	2000	1176
- water	1429	1429		70000		49000	49000	1000	176
- ds	1429	1429		1429		1000	1000	1000	1000
Gas	€ 11,28	€ -	€ -	€ -		€ -	€ -	€ 33,31	€ -
Elektriciteit	€ 15,43	€ 1,29	€ -	€ 8,57		€ 6,00	€ 15,84	€ 8,78	€ -
Kosten overig /ton input (arbeid, kapitaal e.d.))	€ 5,00	€ -	€ -	€ -		€ -	€ -	€ -	€ 10,00
Totaal	€ 31,71	€ 1,29	€ -	€ 8,57		€ 6,00	€ 15,84	€ 42,09	€ 10,00
Cummulatief	€ 31,71	€ 33,00	€ 33,00	€ 41,57	€ 41,57	€ 47,57	€ 63,41	€ 105,50	€ 115,50
ZEEFGOED Energiepallets (lok. productie)									
Massa totaal				71429		50000	2000		1176
- water				70000		49000	1000		176
- ds				1429		1000	1000		1000
Gas	€ -	€ -	€ -	€ -		€ -	€ -	€ 33,31	€ -
Elektriciteit	€ -	€ -	€ -	€ 8,57		€ -	€ 15,84	€ 8,78	€ -
Kosten overig /ton input (arbeid, kapitaal e.d.))	€ -	€ -	€ -	€ -		€ -	€ -	€ -	€ 10,00
Totaal	€ -	€ -	€ -	€ 8,57		€ -	€ 15,84	€ 42,09	€ 10,00
Cummulatief	€ -	€ -	€ -	€ 8,57	€ 8,57	€ 8,57	€ 24,41	€ 66,50	€ 76,50
REFERENTIE Papierpulp o.b.v. oud papier									
Massa totaal			2000	50000	50000	50000	50000		
- water			1000	49000	49000	49000	49000		
- ds			1000	1000	1000	1000	1000		
Gas	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Elektriciteit	€ -	€ -	€ 1,80	€ 6,00	€ 19,04	€ 6,00	€ 15,84	€ -	€ -
Kosten overig /ton input (arbeid, kapitaal e.d.))	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Totaal	€ -	€ -	€ 1,80	€ 6,00	€ 19,04	€ 6,00	€ 15,84	€ -	€ -
Cummulatief	€ -	€ -	€ 1,80	€ 7,80	€ 26,84	€ 32,84	€ 48,68		
BRONNEN									
	1 Papageorgiou A. et al.(2009) Assessment of the greenhouse effect impact of Technologies used for energy recovery from municipal waste: A case for England. Jo								
	2 aanname: zeefgoed is reeds ontsloten vezel i.t.t. oud papier, daarom factor 1/2 t.o.v. pulping								
	3 Wang et al. (2012) Environmental sustainability of bioethanol production from waste papers: sensitivity to system boundary								
	4 aanname								
	5 VNP, Energieverbruik in de Nederlandse papier- en kartonindustrie, 2003								
	6 aanname								
	7 VNP, Energieverbruik in de Nederlandse papier- en kartonindustrie, 2003								
	8 ECN (2009) Verwerking van zeefgoed voor duurzame energieopwekking. Authors: Van Doorn J. & Van de Kamp W.L. ECN-X--09-141								
	9 aanname								

BIJLAGE 4

RAPPORTAGE ANALYSES MICROBIOLOGIE

PATHOGENEN IN ZEEFGOED

DE EFFECTIVITEIT VAN PASTEURISEREN EN AUTOCLAVEREN

INTRODUCTIE

Zeefgoed is een uit cellulose vezels bestaand restproduct dat geproduceerd wordt bij het fijnzeven van influent in een RWZI. Uit onderzoek (STOWA-rapport 2012-07: Verkenning naar mogelijkheden van verwaarding van zeefgoed) is gebleken dat het zeefgoed grote potentie heeft om gebruikt te worden binnen diverse verwaardingsroutes. In de markt in brede zin, en met name ook voor de Papier- en Karton Industrie (PKI), is nog enige terughoudendheid betreffende de maatschappelijke acceptatie van hergebruik van het materiaal in verband met imago- en hygiënevraagstukken: het is immers een reststroom uit een RWZI. Binnen dit project is de microbiële hygiëne status van het materiaal vastgesteld en zijn behandelingen van het zeefgoed getest om deze microbiële risico's te beheersen. Binnen dit deelproject is specifiek onderzoek gedaan naar de effectiviteit van deze behandelingen in het verwijderen of minimaliseren van microbiële risico's. Hiertoe is de totale microbiële populatie in kaart gebracht en zijn de aangetroffen pathogenen geïdentificeerd. Op basis van een aantal criteria zijn vervolgens een aantal potentiële pathogene organismen geselecteerd, welke kwantitatief zijn teruggetoetst. De effectiviteit van verschillende behandelingen (pasteuriseren en autoclaveren) in het verwijderen of minimaliseren van deze pathogenen is vastgesteld en met deze gegevens zijn de hygiënerisico's geëvalueerd.

AANPAK

Een zeefgoed monster is eind januari 2013 van een RWZI in Blaricum genomen en in bevroren toestand naar Bioclear getransporteerd. Een kleine hoeveelheid van dit materiaal (enkele grammen) is bemonsterd en vervolgens is bepaald welke organismen aanwezig en actief zijn door gebruik te maken van een techniek genaamd Next Generation Sequencing (NGS). Hiermee is het mogelijk alle (bekende) soorten organismen in een monster te identificeren op basis van het genetisch materiaal: DNA (indicatief voor de aanwezigheid van organismen) en RNA (indicatief voor de activiteit van organismen). Hiertoe is gebruik gemaakt van een nieuw ontwikkeld software-instrument: de BioProphylar. De geïdentificeerde organismen zijn hierbij gerangschikt op basis van het aantal keer dat ze zijn aangetroffen in het monster. De resultaten geven een gedetailleerd beeld van de aanwezige en actieve organismen in het zeefgoed. Op basis van deze informatie zijn bekende pathogenen die in het monster zijn aangetroffen geselecteerd en is een afwegingskader opgezet voor het beoordelen van de relevantie van de aanwezigheid van deze pathogenen voor het optreden van hygiënerisico's. De meest relevante pathogenen zijn hierbij geselecteerd voor verdere monitoring van de effectiviteit van behandelmethoden. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende aspecten:

- Abundantie: pathogenen die in grote aantallen zijn aangetroffen middels de NGS techniek, zijn naar verwachting ook in grote aantallen aanwezig in het zeefgoed endaarnee meer relevant.
- Pathogeniteit: pathogenen die in een hoge risicoklasse vallen zijn belangrijk om te monitoren om de meest effectieve behandeling voor afdoding te bepalen.

- Incidentie: pathogenen die veelal worden aangetroffen in klinische monsters zijn mogelijk ziekteverwekkend bij lage aantallen cellen. Het vaststellen van een effectieve behandeling voor afdoding is daarom voor deze soorten belangrijk.
- Wijze van verspreiding: pathogenen die via de lucht verspreiden kunnen sneller ziekteverwekkend zijn voor de mens dan pathogenen die bijvoorbeeld via inname het lichaam in moeten komen, voordat ze schade aan kunnen richten. Deze pathogenen zijn om die reden ook geselecteerd.
- Morfologie: de pathogenen zijn ingedeeld op basis van celwand- en celmembraanstructuur, respiratie en sporenvormende eigenschappen. Afhankelijk van deze eigenschappen zijn micro-organismen meer of minder gevoelig voor de effectiviteit van bepaalde behandelingen.

Het zeefgoed is op verschillende manieren behandeld om het vanuit een hygiëne perspectief acceptabel te maken voor de markt. Dit behandelde zeefgoed is vervolgens op de geselecteerde indicatororganismen teruggemeten om het effect van de behandelingen op de pathogenen te toetsen. Dit is gedaan middels een techniek die Q-PCR heet. Hiermee worden specifieke soorten (micro-)organismen gedetecteerd en gekwantificeerd op basis van onderscheidende patronen op het genetisch materiaal (DNA).

RESULTATEN

Door gebruik te maken van de BioProphyler zijn in totaal 391 soorten organismen gedetecteerd, waarvan 284 behoren tot de prokaryoten (Bacteriën en Archaea). Hiervan bleken 31 pathogene stammen aanwezig en actief te zijn in het zeefgoed. Op basis van het afwegingskader zijn in totaal tien indicatororganismen geselecteerd. Voor deze selectie zijn casusspecifieke Q-PCR tools te ontwikkelen. Het gaat hierbij om de volgende microorganismen:

- *Campylobacter jejuni* (indicatororganisme voor *Campylobacter spp.*, meest frequente bacteriële verwekkers van diarree, gekozen op basis van abundantie en incidentie).
- *Clostridium difficile* (indicatororganisme voor sporenvormende bacteriën, gekozen op basis van abundantie, morfologie, incidentie en pathogeniteit).
- *Enterococcus faecalis* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Enterococcus faecium* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Escherichia blattae* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Escherichia coli* (indicatororganisme voor fecale besmetting, gekozen op basis van abundantie).
- *Streptococcus suis* (indicatororganisme voor *Streptococcus spp.*, gekozen op basis van abundantie en incidentie).

Deze micro-organismen zijn vervolgens gekwantificeerd in drie verschillende monsters: ruw zeefgoed (onbehandeld), gepasteuriseerd zeefgoed (2 uur bij 70 °C) en geautoclaveerd zeefgoed (20 minuten bij 121 °C). Tevens is het totaal aantal archaea, eukaryoten en bacteriën bepaald. De kwantitatieve resultaten zijn weergegeven in tabel 1.

TABEL 1

Resultaten Q-PCR analyses					
Organisme	Ruw zeefgoed	Zeefgoed na pasteuriseren	% afdoding	Zeefgoed na autoclaveren	% afdoding
Totaal archaea	$1,80 \times 10^8$	$5,10 \times 10^7$	72	$< 1,50 \times 10^3$	> 99
Totaal eukaryoten	$1,00 \times 10^8$	$1,10 \times 10^7$	89	$< 1,50 \times 10^3$	> 99
Totaal bacteriën	$1,60 \times 10^{10}$	$7,50 \times 10^9$	53	$< 3,40 \times 10^4$	> 99
<i>C. jejuni</i>	$9,60 \times 10^6$	$1,10 \times 10^6$	89	$< 4,40 \times 10^3$	> 99
<i>C. difficile</i>	$1,30 \times 10^5$	$1,40 \times 10^5$	0	$< 4,40 \times 10^3$	> 96
<i>E. faecalis</i>	$2,00 \times 10^6$	$5,20 \times 10^5$	74	$< 4,40 \times 10^3$	> 99
<i>E. faecium</i>	$4,60 \times 10^6$	$4,70 \times 10^6$	0	$< 4,40 \times 10^3$	> 99
<i>E. blattae</i>	$6,50 \times 10^5$	$2,00 \times 10^5$	69	$< 4,40 \times 10^3$	> 99
<i>E. coli</i>	$8,40 \times 10^6$	$1,20 \times 10^6$	86	$< 4,40 \times 10^3$	> 99
<i>S. suis</i>	$4,00 \times 10^6$	$5,90 \times 10^6$	0	$< 4,40 \times 10^3$	> 99

DISCUSSIE

Op basis van de NGS analyse is een grote diversiteit aan (micro-)organismen aangetroffen: eukaryoten (waaronder schimmels), prokaryoten en virussen. Hierbinnen was het mogelijk een aantal pathogene micro-organismen te identificeren. Uitgangspunt voor de selectie van deze organismen zijn de beschrijvingen van de pathogeniciteit van deze microorganismen in de (wetenschappelijke) literatuur.

Een veelgebruikte aanpak voor het identificeren van aanwezige micro-organismen bestaat uit kweektechnieken en kan daarmee resulteren in valsnegatieve resultaten. Dit omdat elk micro-organisme specifieke condities vereist voor groei (temperatuur, pH, nutriënten, zuurstof, andere micro-organismen) en deze niet altijd gecreëerd kunnen worden onder laboratoriumcondities (naar verwachting is slechts 1% van de micro-organismen kweekbaar). De resultaten in dit onderzoek zijn tot stand gekomen door gebruik te maken van moleculaire technieken, waardoor met een brede en innovatieve aanpak is benaderd welke microbiologie aanwezig is in het zeefgoed. Met deze aanpak is de kans dat aanwezige pathogenen niet worden gedetermineerd erg klein.

Uit de resultaten is af te leiden dat autoclaveren het meeste effect heeft voor het afdoden van de pathogenen. Bij het toepassen hiervan wordt meer dan 99% van de microorganismen afgedood. Pasteurisatie bij 70 °C heeft een veel lagere effectiviteit. Afhankelijk van het organisme ligt de reductie in aantallen tussen de 0 en 89%.

EFFECTIVITEIT VAN PASTEURISEREN

Het pasteuriseren (2 uur bij 70 °C) van zeefgoed leidt niet tot een totale verwijdering van het microbiële DNA (zie tabel 1). Kanttekening hierbij is dat hierbij geen onderscheid wordt gemaakt tussen levende en dode cellen. Dit betekent dat een onderschatting van de effectiviteit van pasteurisatie wordt gemaakt. Het DNA is nog voor een groot deel aanwezig na pasteurisatie, maar de verwachting is dat de cellen wel (grotendeels) worden afgebroken. Er zal dus waarschijnlijk geen nieuwe groei plaatsvinden wanneer de omstandigheden weer gunstig

worden voor microbiële groei. Op basis van deze resultaten kan afdoding dus vollediger zijn dan nu uit de metingen blijkt. Middels het bepalen van een zogenaamd 'totaal kiemgetal' zou een betere indicatie van het percentage afdoding kunnen worden verkregen. Aangezien het monster bevroren werd aangeleverd (wat negatieve gevolgen heeft voor het later opkweken van de micro-organismen) was bepaling hiervan niet mogelijk.

Opvallend aan de resultaten is dat het "afdodingspercentage" sterk varieert tussen de verschillende (groepen) micro-organismen. Dit is te verklaren uit de verschillende resistentie van soorten tegen hittebehandeling. De kleine toename van het aantal cellen van drie micro-organismen, *Clostridium difficile*, *Enterococcus faecium* en *Streptococcus suis* valt binnen de meetruis.

Clostridium difficile beschermt zijn genetisch materiaal door sporen te vormen wanneer deze onder stress komt te staan, bijvoorbeeld door hoge temperatuur of druk (Ramirez et al., 2010). Deze sporen zijn bestand tegen de temperaturen die heersen onder pasteurisatie en de gevonden resultaten zijn daarom niet verrassend.

Enterococcus faecium is een bacterie die bestand is tegen extreme condities en is in staat is temperaturen die heersen bij pasteurisatie te overleven (Silva et al., 2003). De resultaten die zijn gevonden voor *Streptococcus suis* zijn echter wel onverwacht, aangezien van deze bacterie bekend is dat deze niet bestand is tegen temperaturen boven de 55 °C (Dee en Corey, 1993). De bacterie is wel in staat zich in te kapselen in epitheelcellen, mogelijk dat *S. suis* onder deze omstandigheden hogere temperaturen kan trotseren.

EFFECTIVITEIT VAN AUTOCLAVEREN

Autoclaveren leidt tot een significante afname van het aanwezige microbiële DNA. Vanwege de aard van het materiaal (een complexe matrix voor extractie) was niet vast te stellen of ook daadwerkelijk 100% van de micro-organismen wordt afgedood. Op basis van de detectielimieten is vast te stellen dat van alle aanwezige micro-organismen minimaal 99% van het DNA wordt afgebroken door autoclaveren (behalve voor *Clostridium difficile*, hierbij wordt minimaal 96% afgebroken). Op basis van de afname in aantallen die bij autoclaveren doorgaans worden behaald (log 6 reductie) wordt verwacht dat deze getallen lager uitvallen dan de detectielimieten.

CONCLUSIES

Op basis van de NGS resultaten is een grote variatie aan (micro-)organismen gedetecteerd in het zeefgoed. Door deze brede aanpak is de complete microbiële populatie in het materiaal bepaald en was het mogelijk alle mogelijke pathogenen te selecteren. De kans dat pathogenen niet zijn gedetecteerd is daarmee zeer klein. De pathogenen zijn door middel van op maat gemaakte analyses teruggetoetst, waarmee de effectiviteit van twee behandelingsmethoden zijn bepaald.

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat de geteste pasteurisatie onvoldoende effectief is voor het verwijderen van pathogene micro-organismen en daarmee voor de meeste hergebruiktoepassingen. Mogelijk is pasteurisatie bij een hogere temperatuur (80 of 90 °C) of een langere incubatieduur wel effectief genoeg. De complexe matrices in het zeefgoed zouden bescherming kunnen bieden voor de aanwezige micro-organismen, waardoor deze in staat zijn een pasteurisatiestap te overleven. Autoclaveren is dus sterk aan te bevelen om het zeefgoed hygiënisch veilig te stellen als grondstof voor nieuwe producten.

AANBEVELINGEN

Binnen dit onderzoek is door middel van een innovatieve techniek vastgesteld welke pathogenen aanwezig zijn in het zeefgoed en met welke behandeling deze te verwijderen zijn. Door gebruik te maken van deze moleculaire technieken wordt geen onderscheid gemaakt tussen levend en dood, waardoor het interessant wordt om bij een vervolgonderzoek het totaal kiemgetal vast te stellen. Hierbij wordt een monster in een nutriëntenrijk medium gebracht, waardoor aanwezige micro-organismen gaan groeien en worden gekwantificeerd. Door dit te doen op het zeefgoed vóór en na behandeling kan het percentage afdoding worden bepaald. Dit geeft, aanvullend op de moleculaire analyses, een indicatie van de effectiviteit van de behandeling. Belangrijk hierbij is dat vooraf goed wordt afgesproken hoe het zeefgoed aangeleverd moet worden voor het verkrijgen van betrouwbare metingen.

Door gebruik te maken van NGS wordt veel informatie verschaft over de aanwezige microbiologie in een monster. Hierbij worden veelal micro-organismen gevonden die men niet verwacht aan te treffen. Het is daarom aan te bevelen om in een vervolgonderzoek het zeefgoed te vergelijken met een monster wat geacht wordt veilig te zijn als grondstof voor nieuwe producten. De indicatororganismen die geselecteerd zijn in dit onderzoek kunnen bijvoorbeeld gescreend worden op her te gebruiken oud papier.

Daarnaast zijn de ontwikkelde analyses veel breder toepasbaar voor hygiënescreening van grondstoffen en kunnen ze direct ingezet worden voor het vaststellen van de effectiviteit van alternatieve sanitatiemethoden (bijvoorbeeld door behandeling bij 80 of 90 °C en/of behandelingen van variabele duur).