

# CIRCULAIR BIOCOMPOSITIET VAN NATUURVEZELS VAN WATERSCHAPPEN EN NATUURORGANISATIES



RAPPORT

2019  
41

CIRCULAIR BIOCOMPOSIT VAN NATUURVEZELS  
VAN WATERSCHAPPEN EN NATUURORGANISATIES

RAPPORT

2019

41

ISBN 978.90.5773.879.1



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

## PROJECTUITVOERING

Alexandra Deeke, Waterschap de Dommel  
Frank van Hedel, Staatsbosbeheer  
Rolf Groot, Natuurlijk Advies  
Willem Bottger, NPSP  
Michiel Swuste, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
George Zoutberg, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
Alice Fermont Waternet  
Mark Nijman Waternet

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Yede van der Kooij, Wetterskip Fryslân  
Viveca van Ams, Waternet  
Stephan van Orsouw, Waterschap Aa en Maas  
Kim Dieleman, Waterschap Vallei en Veluwe, momenteel werkzaam bij Bioclear Earth  
Ernst Bontjes, Waternet  
Jeannette van Schaik, Waterschap Vechtstromen  
Cora Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau  
STOWA STOWA 2019-41  
ISBN 978.90.5773.879.1

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.  
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

# TEN GELEIDE

## CIRCULAIR BIOCOMPOSITIE IS EEN DUURZAAM ALTERNATIEF VOOR EINDIGE MATERIALEN

**Met dit onderzoek is een belangrijke stap gezet in het verkennen van de eigenschappen van biocomposieten op basis van natuurvezels. Er is bewezen dat biocompositie een volwaardige vervanging kan zijn van reguliere materialen en dat het daarnaast ook vooral een duurzaam en economisch aantrekkelijk alternatief is.**

In het Grondstoffenakkoord en het Interbestuurlijk Programma staat de doelstelling van een 100% circulaire economie in 2050. De waterschappen dragen bij aan deze doelstelling. Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI), bij de inkoop van producten, diensten en werken rekening houden met de effecten op mensen, het milieu en de welvaart, is daar een belangrijk middel voor. Om een circulaire economie te bereiken zal er beter gebruik moeten worden gemaakt van grondstoffen en zullen er nieuwe producten ontwikkeld moeten worden.

Dit onderzoek naar biocomposieten draagt bij aan deze doelstelling. Er is onderzocht of biocompositie (een samengesteld materiaal gemaakt van kalk, biohars en maaisel afkomstig van het waterschapswerk) een volwaardig alternatief is voor materialen die een grote impact op het milieu hebben, zoals bijvoorbeeld glasvezelcompositie.

Bij de werkzaamheden van waterschappen en natuurbeheerders komen veel natuurvezels beschikbaar in de vorm van riet, gras waterplanten en cellulose. Dit materiaal wordt tot op heden vaak laagwaardig toegepast (gecomposteerd) met een bijbehorende impact op het milieu. Door het vervangen van reguliere materialen (op basis van aluminium of glasvezels) door biocomposieten kan er energie worden bespaard en wordt het gebruik van eindige grondstoffen beperkt.

In dit onderzoek zijn verschillende methodes verkend voor inzameling en verwerking van natuurvezels. Daarnaast zijn er verschillende recepten voor het maken van biocompositie onderzocht en getest. Bij elk van deze recepten is gekeken naar de mechanische eigenschappen, duurzaamheid, kosten, baten en schaalbaarheid. Het is mogelijk gebleken om de benodigde zandvrije (natuur)vezels met geschikte lengtespecificaties te verkrijgen met behulp van eenvoudige methoden als een hakselaar, snijmolen en tunneldroger. Daarnaast blijkt dat uit 84% van de reststromen een volwaardig product te maken met mechanische eigenschappen die vergelijkbaar zijn met reguliere materialen zoals vurenhout en Trespa (ook na verouderingsproeven). Wel zijn er verschillen tussen de gebruikte vezels. Blootstelling aan vocht bleek een negatieve impact te hebben op de sterkte van het materiaal. Bij de inzameling en verwerking van natuurvezels moet rekening worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van zware metalen.

Het gebruik van biocompositie draagt bij aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub> emissies. Met 1 ton rietmaaisel kan bijvoorbeeld 2,7 ton CO<sub>2</sub> worden gereduceerd als de natuurvezel riet in composiet wordt toegepast en glasvezels vervangt. Daarnaast kan een kostenpost bij het maaien en afvoeren van maaisel worden omgebogen naar een opbrengst van ongeveer 145 tot 258 Euro per ton (op basis van 80% droge stof).

Ik hoop dat de opgedane kennis drempels wegneemt voor potentiële producenten en gebruikers en bijdraagt aan het vergroten van de afzetmarkt voor hoogwaardige producten op basis van maaisel. Op deze manier draag het onderzoek bij aan de doelstellingen van de waterschappen op het gebied van circulariteit en duurzaamheid.

Joost Buntsma  
Directeur STOWA

# SAMENVATTING

Waterschappen en natuurbeheerders hebben gezamenlijk de haalbaarheid onderzocht van de productie van biocomposiet uit natuurvezels. Het blijkt mogelijk een volwaardig materiaal te maken op basis van natuurvezels dat vergelijkbaar is met reguliere materialen. Wel is er nog vervolgonderzoek nodig naar de sterkte van de vezels en de risico's rondom de aanwezigheid van zware materialen in de biomassa.

Bij het beheer van watergangen en natuur komen aanzienlijke hoeveelheden waterplanten, riet en natuurgrassen vrij. Op dit moment wordt het materiaal over het algemeen gecomposteerd. Dit is een relatief laagwaardige toepassing waarbij er direct CO<sub>2</sub> in de atmosfeer terecht komt. Door een hoogwaardige toepassing van natuurvezels in biocomposiet kan de uitstoot van broeikasgassen worden beperkt en kunnen eindige en milieuvervuilende grondstoffen als glasvezel en aluminium worden vervangen.

In opdracht van STOWA hebben de waterschappen Waternet en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), in samenwerking met Staatsbosbeheer en NPSP (ontwikkelingsbedrijf voor biocomposiet) de haalbaarheid onderzocht van het gebruik van diverse maaiselvezels van de waterschappen en natuurorganisaties in biocomposieten. Daarvoor is onderzocht hoe het proces van de inwinning, voorbereiding van de vezels en de productie van biocomposieten kan worden geoptimaliseerd. Het onderzoek richt zich op vezels van riet, gras, waterplanten en cellulose.

Het eerste gedeelte van het onderzoek richt zich op het verkennen van verschillende inzamelings- en verwerkingstechnieken. Het is mogelijk gebleken om de benodigde zandvrije vezels met lengtespecificaties tussen de 3 en 6 mm te verkrijgen met behulp van eenvoudige methoden. Vanwege de Flora en Faunawet en snelle rotting is het aan te raden om waterplanten na het maaien eerst te laten drogen op het land (tot 60% droge stof). Een hakselaar blijkt vervolgens uitermate geschikt om de vezels zandvrij op te halen en te verkleinen. Met een snijmolen kunnen de vezels uiteindelijk verder worden verkleint tot de gewenste grootte. Wanneer het materiaal is gedroogd door middel van een tunneldroger (tot 85% droge stof) is het minimaal een jaar houdbaar. Bij het verwerken van biomassa moet er rekening worden gehouden met de risico's door de mogelijke aanwezigheid van zware metalen in de biomassa.

In het tweede gedeelte van het onderzoek zijn er verschillende recepten getest voor het maken van biocomposiet met verschillende verhoudingen natuurvezels, kalk en biohars (polyester). Van deze recepten zijn vervolgens de mechanische eigenschappen bepaald met behulp van een buigtests en impacttests. Ook zijn de verschillende recepten kunstmatig verouderd met behulp van een QUV kast waarna wederom de mechanische eigenschappen zijn vastgesteld. Het blijkt mogelijk om uit 84% van de reststromen een volwaardig product te maken met mechanische eigenschappen die vergelijkbaar zijn met reguliere materialen zoals vurenhout en Trespa. Wel zijn er verschillen tussen de gebruikte vezels. Zo laat biocomposiet op basis van cellulosevezel de beste mechanische eigenschappen zien. De mechanische eigenschappen van de recepten blijken na veroudering (door QUV kast) redelijk. Met name de blootstelling aan vocht lijkt te zorgen voor achteruitgang van de mechanische eigenschappen.

Naast de mechanische eigenschappen zijn ook de duurzaamheid, opschaalbaarheid, kosten en baten van biocomposiet onderzocht. Over het algemeen kan worden geconcludeerd dat biocomposiet een mooi en duurzaam materiaal met veel toepassingsmogelijkheden. Met 1 ton rietmaaisel kan bijvoorbeeld 2,7 ton CO<sub>2</sub> worden gereduceerd als de natuurvezel riet in composiet wordt toegepast en glasvezels vervangt. Daarnaast kan een kostenpost bij het maaien en afvoeren van maaisel kan worden omgebogen naar een opbrengst van ongeveer 145 tot 258 Euro per ton (op basis van 80% droge stof). De opschaling van het gebruik van zowel cellulose als riet is kansrijk. Behalve een constante kwaliteit van natuurvezels is daarvoor ook voldoende afname van producten noodzakelijk.

Ondanks de goede resultaten tot nu toe is het wenselijk om een vervolgonderzoek te doen naar het verbeteren van het materiaal. Zo wordt geadviseerd om de voorbewerking van het materiaal verder te optimaliseren om de slagvastigheid van het materiaal te vergroten en de veroudering door vocht van het materiaal te verminderen. Dit kan bijvoorbeeld door het materiaal nog fijner te zeven, de vezels voor te bewerken of een ander type (bio)hars te gebruiken. Ook moeten de risico's op de aanwezigheid van verontreinigingen van de biomassa beter in kaart worden gebracht. Daarnaast blijft het nodig om andere toepassingsmogelijkheden te verkennen, aangezien het aanbod van natuurvezels nog steeds vele mate groter is dan voor de productie van biocomposiet nodig is.

# DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

*Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.*



# CIRCULAIR BIOCOMPOSITIE VAN NATUURVEZELS VAN WATERSCHAPPEN EN NATUURORGANISATIES

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Wat zijn biocomposieten?	1
	1.3 Van afval naar hoogwaardige toepassingen	3
	1.4 Aanpalend onderzoek	4
<b>2</b>	<b>OPZET VAN HET ONDERZOEK</b>	<b>6</b>
	2.1 Opdracht en organisatie	6
	2.2 Aanpak onderzoek	6
	2.3 Afbakening	7
	2.4 Leeswijzer	7
<b>3</b>	<b>HERKOMST EN VOORBEWERKING BIOMASSA</b>	<b>8</b>
	3.1 Inleiding	8
	3.2 Inzameling natuurvezels	8
	3.2.1 Conclusie en aanbevelingen inzameling en opslag vezels	9
	3.3 Voorbewerking	9
	3.3.1 Verkleiningsproeven	9
	3.2.2 Zeefproeven	10
	3.4 Conclusie voorbewerking (zeven en verkleinen)	10
	3.4.1 Aanbevelingen voorbewerking	10

<b>4</b>	<b>PRODUCTIEPROCES BIOCOMPOSIT</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	Inleiding	12
<b>4.2</b>	Fase 1: Optimalisatie van recepten voor biocomposit	12
4.2.1	Composit op basis van riet	12
4.2.2	Composit op basis van cellulose, gras en waterplanten	13
4.2.3	Vergelijking met andere materialen	14
4.2.4	Conclusie buigproeven	15
<b>4.3</b>	Fase 2: Onderzoek naar het verouderingsproces	16
4.3.1	Verouderingsproces QUV-kast	17
4.3.2	Mechanische eigenschappen na het verouderingsproces	17
4.3.3	Conclusie verouderingsproces	19
4.3.4	Mogelijke redenen afwijkend beeld met de huidige productie	19
4.3.5	Mogelijke oplossingen en vervolgonderzoek	20
<b>5</b>	<b>DUURZAAMHEID, KOSTEN EN OPSCHALING</b>	<b>21</b>
<b>5.1</b>	CO <sub>2</sub> -reductie	21
5.1.1	Duurzaamheid in CO <sub>2</sub> -reductie	21
5.1.2	Extra CO <sub>2</sub> -belasting door oogsten en voorbereken van biomassa	21
5.1.3	Extra CO <sub>2</sub> -belasting door transport	21
5.1.4	CO <sub>2</sub> -reductie door tegengaan verrotting	21
5.1.5	Verminderd volume CO <sub>2</sub> door andere grondstof (natuurvezels in plaats van glasvezels)	22
5.1.6	Wat nemen we niet mee	22
5.1.7	Potentiële CO <sub>2</sub> reductie	22
<b>5.2</b>	Kosten en baten	23
5.2.1	Potentiële kostenbesparing	24
<b>5.3</b>	Opschaling	24
<b>5.4</b>	Producten van biocomposit	25
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	Conclusies voorbereking	27
<b>6.2</b>	Conclusies optimalisatie van biocomposieten	27
<b>6.3</b>	Conclusies wat betreft duurzaamheid, kosten en opschaling	27
<b>6.4</b>	Aanbevelingen	28
<b>7</b>	<b>LITERATUUR</b>	<b>29</b>
<b>BIJLAGE 1</b>	<b>INFORMATIE OVER STERKTE, STIJFHEID EN ELASTICITEITSMODULUS</b>	<b>30</b>

# 1

## INLEIDING

### 1.1 AANLEIDING

Jaarlijks komt bij de waterschappen meer dan 500.000 ton aan waterplanten, natuurgassen en riet vrij uit sloten en bermen. Ook bij natuurbeheerders als Staatsbosbeheer komt veel vergelijkbaar materiaal vrij. Op dit moment gaat veel maaisel naar compostbedrijven of wordt het op de kant gelegd. Op de kant rot het weg, waarbij veel CO<sub>2</sub> vrijkomt. Ook de verwerking van wc-papier, dat aanwezig is in het afvalwater, draagt aanzienlijk bij aan de directe CO<sub>2</sub>-emissies. In Nederland wordt per jaar namelijk zo'n 180.000 ton toiletpapier doorgepoeld. Het toiletpapier, dat voor een groot gedeelte uit cellulose bestaat, eindigt vaak als zuiveringsslib, dat na een aantal verwerkingsstappen wordt gecomposteerd of verbrand.

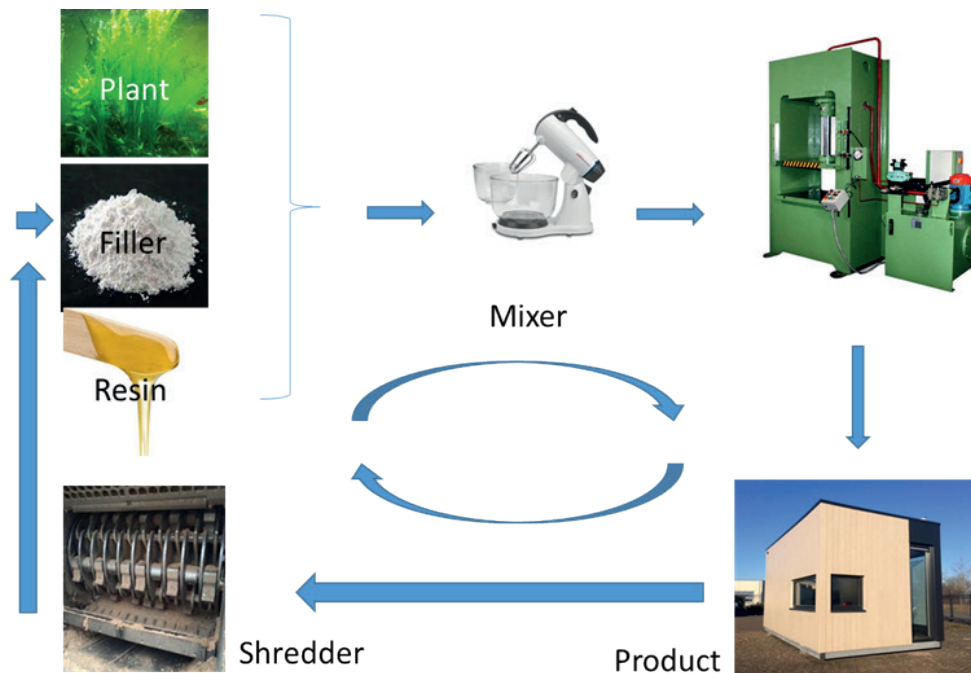
Deze reststromen noemen we biomassa. In de huidige verwerkingsroutes wordt deze biomassa vaak beschouwd als afval. Daarbij komt een relatief grote hoeveelheid CO<sub>2</sub> vrij. Terreinbeheerders zoals waterschappen en Staatsbosbeheer zien dit graag anders. We onderzoeken of biomassa producten kan opleveren met een toegevoegde waarde, waardoor het geen kostenpost meer hoeft te zijn. De natuurvezels waaruit biomassa grotendeels bestaat kunnen namelijk ook worden verwerkt tot relatief hoogwaardige producten. In het Waternetrapport "Groenstromen en biocomposiet" (Fermont, 2017) zijn voor deze natuurvezels verschillende verwerkingsroutes onderzocht, waarbij de verwerking in een biocomposiet als kansrijk naar voren is gekomen.

### 1.2 WAT ZIJN BIOCOMPOSITIEN?

Een composiet is een vezelversterkte kunststof die vormvrij kan worden toegepast en die is opgebouwd uit verschillende componenten. De vezels worden gebruikt om het materiaal sterk en stijf te maken. Hars zorgt ervoor dat het materiaal zijn vorm behoudt en beschermt de vezels tegen weersinvloeden. Additieven zorgen ervoor dat het materiaal goed in allerlei vormen vloeit en dat de drukeigenschappen worden verbeterd. Bekende vezels die in composieten worden verwerkt zijn glasvezel, aramide, koolstofvezel en recent ook nanotubes.

Biocomposieten van NPSP zijn gemaakt met zoveel mogelijk natuurlijke en circulaire grondstoffen. Ze bestaan uit plantaardige vezels, gebonden door een biohars. Als vezel kan bijvoorbeeld vlas, jute, maaisel of een recyclingproduct (uit oud papier of cellulose uit wc-papier). Bij de BMC-techniek (Bulk Moulding Compound) wordt calciet (een restproduct uit het onthardingsproces van drinkwater) gebruikt.

FIGUUR 1 STROOMDIAGRAM "VAN VEZEL TOT COMPOSITIET"



FIGUUR 2 WAARDEPIRAMIDE VAN BIOMASSA

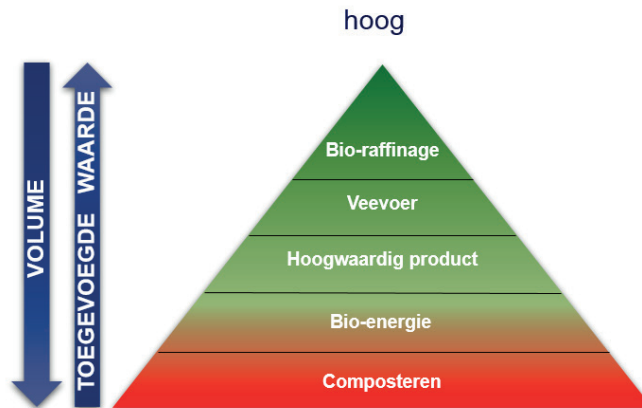


Van biocompositiet kunnen verschillende producten worden gemaakt, zoals bijvoorbeeld straatbanken en tafelbladen. Door de toepassing van natuurvezel in plaats van de gebruikelijke glasvezel, kan  $\text{CO}_2$  worden bespaard en vindt aan het eind van de levensduur van het materiaal minder uitstoot van schadelijke stoffen plaats. Biocompositiet is een hoogwaardige toepassing voor een vooralsnog beperkt deel van de totale beschikbare biomassa. Dit komt omdat biomassa moet voldoen aan kwaliteitseisen om het te kunnen verwerken en omdat de markt nog verder moet worden ontwikkeld (zie ook hoofdstuk 5).

### 1.3 VAN AFVAL NAAR HOOGWAARDIGE TOEPASSINGEN

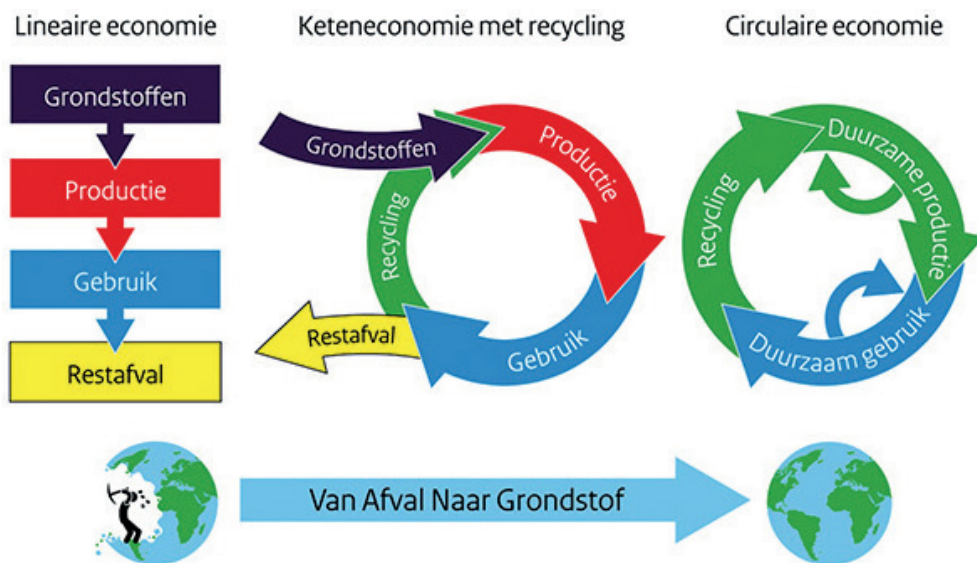
Biomassa kan voor verschillende toepassingen worden gebruikt. We streven naar het maken van producten die zo hoog mogelijk op de waardenpiramide staan, zodat zo veel mogelijk waarde uit de biomassa kan worden gehaald. Zo levert de opwekking van bio-energie uit biomassa meer toegevoegde waarde op dan composteren. De verwerking tot een hoogwaardig product levert weer meer op dan de opwekking van bio-energie. Slechts een klein (volume) deel van onze biomassa is geschikt voor bioraffinage. Het grootste volume wordt ingezet als compost. Composteren of verbranden levert in de meeste gevallen de minste CO<sub>2</sub>-reductie op en is het minst circulair. Natuurvezels gebruiken voor biocomposiet en niet meer voor bio-energie of compost kan daarin een aanzienlijke verbetering opleveren. Uit onderzoek blijkt dat biocomposiet (zie § 1.2) een uitstekende vervanging is voor milieubelastende materialen zoals glasvezel en aluminium [Kool, 2016].

FIGUUR 3 PRODUCTEN VAN BIOCOMPOSIT



Door een hoogwaardige toepassing van natuurvezels in biocomposiet kan de uitstoot van broeikasgassen worden beperkt en wordt niet onnodig beslag gelegd op andere grondstoffen. Het draagt bij aan de transformatie van een lineaire naar een meer circulaire economie.

FIGUUR 4 STROOMDIAGRAM "VAN LINEAIRE NAAR CIRCULAIRE ECONOMIE"



## 1.4 AANPALEND ONDERZOEK

Er vinden veel initiatieven plaats op het gebied van circulariteit en biomassa, zoals:

- **Kosten efficiënte oplossingen voor waterplanten uit de Loenderveenseplassen**

In 2010 kreeg de omgeving van de Loenderveense Plas te maken met overlast door waterplanten. Voor deze planten (die stankoverlast veroorzaakten) was geen toepassing beschikbaar waarmee het probleem kon worden opgelost. Wel werd door Waternet geïnventariseerd of kostenefficiënte oplossingen waren te bedenken in plaats het afvoeren van de waterplanten naar een composteringsbedrijf tegen hoge kosten.

- **RietComposiet**

Waternet, SBB, HHNK en NPSP hebben in een eerder onderzoek gezocht naar mogelijkheden om riet als natuurvezel te verwerken in een biocomposiet (Project 'RietComposiet'/2015).

- **Greendeal biomassa**

In de Greendeal werken bedrijven, maatschappelijke organisaties of andere overheden samen met de rijksoverheid aan het vergroenen van de grondstof- en energievoorziening, onder andere door het optimaal benutten van reststromen. De Greendeal biomassa richt zich met name op:

- Het onderbrengen van de biocomposietroute en de eiwitroute
  - Het onderbrengen onderzoek kolkenmateriaal met ECN. De gemeente Apeldoorn onderzoekt bijvoorbeeld wat met bladafval gedaan kan worden
  - Het bespreken van wetgevingsproblemen met de ministeries en hopelijk oplossen hiervan
  - Het creëren van een goed netwerk, waaruit weer voordeel kan worden gehaald
- <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/03/Green%20Deal%20Duurzaamheid%20Vaste%20biomassa%20Rapportage%20III%202014.pdf>

- **Bio raffinage van invasieve waterplanten**

In 2018 is er in opdracht van de STOWA een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om via kleinschalige bio raffinage nuttige producten te maken uit woekerende waterplanten. Voorbeelden van deze producten zijn diervoer, papier/karton/biocomposiet, meststof, biogas en schoon water.

[http://www.stowa.nl/projecten/Meer\\_waarde\\_halen\\_uit\\_woekerende\\_water\\_en\\_landplanten](http://www.stowa.nl/projecten/Meer_waarde_halen_uit_woekerende_water_en_landplanten)

<https://www.stowa.nl/publicaties/praktijkonderzoek-bioraffinage>

- **Natte Teelten**

Er vindt op dit moment een onderzoek plaats naar het telen van natte gewassen in plaats van veeteelt om bodemdaling tegen te gaan. Hierbij wordt gekeken naar zowel het reduceren van de bodemdaling als naar business-cases voor de geteelde producten.

<http://www.kennisprogrammabodemdaling.nl/home/natte-teelten-2/>

<http://www.kennisprogrammabodemdaling.nl/home/wp-content/uploads/2019/03/Pilot-lisdodde-in-Marickenland-dec-2018.pdf>

- **Hergebruik van cellulose**

Er vind veel onderzoek plaats naar het hergebruik van cellulose uit afvalwater. Hierbij word gekeken naar technieken voor het terugwinnen van cellulose en vooral ook naar de mogelijke toepassingen van het teruggewonnen cellulose.

<https://www.efgf.nl/producten/cellulose/>

<https://www.efgf.nl/>

- **Ontwikkeling van beschoeiingsdelen uit biocomposiet**

NPSP ontwikkeld beschoeiingsdelen die gemaakt worden uit een tweetal reststromen uit het waterbeheer (onthardingskalk en rietvezel) en een (gedeeltelijk) biobased kunsthars-hars.

<http://www.npsp.nl/newsItem.asp?ID=106&IDNewsItem=98>

# 2

## OPZET VAN HET ONDERZOEK

### 2.1 OPDRACHT EN ORGANISATIE

In opdracht van STOWA hebben de waterschappen Waternet en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), in samenwerking met Staatsbosbeheer en NPSP, ontwikkelingsbedrijf voor biocomposiet, de haalbaarheid onderzocht van het gebruik van diverse maaiselvezels van de waterschappen en natuurorganisaties in biocomposieten. Daarvoor is onderzocht hoe het proces van de inwinning en voorbewerking van de vezels en de productie van biocomposieten kan worden geoptimaliseerd.

### 2.2 AANPAK ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd in de onderstaande vier stappen.

**Stap 1 (hoofdstuk 3: Herkomst en verwerking biomassa):** Het onderzoek naar de voorbewerking is uitgevoerd door Staatsbosbeheer en Waternet. Op dit moment worden natuurvezels in biocomposieten via een zeer zorgvuldige maar kostbare route voorbewerkt in Duitsland. De vraag is of met eenvoudige voorbewerkingsstappen een goede kwaliteit biocomposieten kan worden geproduceerd. De eisen die de composietmaker stelt aan het uitgangsmateriaal zijn: droog (zo droog mogelijk), zandvrij en een vezellengte van 3 tot 6 mm. Daarbij is uitgegaan van eenvoudige voorbewerkingstechnieken die nu al worden gebruikt bij het midden- en kleinbedrijf (mkb). Diverse droog-, verklein- en schudmachines zijn getest. Op basis van die resultaten is bepaald op welke manier de reststromen zo efficiënt en duurzaam mogelijk kunnen worden voorbewerkt en opgeslagen, zodat ze voldoen aan de afgesproken specificaties en gedurende het jaar kunnen worden ingezet.

**Stap 2 (hoofdstuk 4: Productieproces biocomposiet):** Dit onderzoek is uitgevoerd door NPSP. Van de verschillende reststromen zijn composietproefplaatjes gemaakt. Daarvan worden de mechanische, fysische en verouderingseigenschappen gemeten. Het precieze recept is niet gerapporteerd. Wel is gerapporteerd welke kwaliteit, kosten en duurzaamheid de proefplaatjes hebben en welke producten er mee kunnen worden vervaardigd. Van natuurgrascomposiet en waterplantencomposiet worden alleen de mechanische eigenschappen getest op basis van de beste menging (recept) van rietcomposiet.

**Stap 3 (hoofdstuk 5: Duurzaamheid, kosten en opschaling):** Dit onderzoek is uitgevoerd door NPSP en Waternet. Verkend is welke producten kunnen worden geproduceerd en vermarkt. Er bestaat een goede kans om peilschalen te fabriceren (samen met Aa en Maas). Daarnaast wordt ook gekeken naar andere producten die zowel Staatsbosbeheer, waterschappen als andere overheden nodig hebben. Te denken valt aan buiten- en binnenmeubilair, beschoeiingsdelen, geveldelen, bebording e.d.



**Stap 4 (hoofdstuk 5: Duurzaamheid, kosten en opschaling):** De “nieuwe” keten moet worden getoetst op duurzaamheid, kosten en opschalingsmogelijkheden. Dit wordt gedaan door de resultaten van stap 1, 2 en 3 samen te voegen in combinatie met een deskstudie.

Voor meer informatie wordt verwezen naar het Projectplan: “Circulaire biocomposit – definitief 15 juni 2016”.

### 2.3 AFBAKENING

Dit onderzoek gaat niet in op de volgende aspecten

- Toetsing van de verschillende NPSP-recepten door een composietfabriek. Bij goedkeuring kan het recept bij die fabriek worden verwerkt tot een product.
- Cellulose uit afvalwater (fijnzeef) kan ook worden omgezet in biocomposit. NPSP heeft daar samen met Waternet een proef mee gedaan. Dit restmateriaal is niet opgenomen in dit onderzoeksplan, maar kan desgewenst wel worden toegevoegd. De cellulose zal dan ook op specificatie moeten worden aangeleverd en financieel zal moeten worden bijgedragen om proefplaatjes te maken en de mechanische en fysische tests uit te voeren.
- Na dit project moeten geoptimaliseerde recepten voor een aantal producten worden getoetst voor (Euroclass-)certificaat, zodat niets meer in de weg staat om de “nieuwe” producten op de markt te brengen.
- Productie “Natuur op je Muur”.
- Stap 2 en 3 (veroudering en mechanische en fysische eigenschappen met beste menging en coating voor natuurgrascomposit en waterplantencomposit).

### 2.4 LEESWIJZER

1. De zodanige voorbewerking van de natuurvezels van riet, gras, waterplanten en cellulose dat ze de benodigde specificaties krijgen voor de toepassing in biocomposit (H3).
2. De optimalisatie van de mechanische eigenschappen van biocomposieten die bestaan uit vezels van riet, gras, waterplanten en cellulose (H4).
3. Inzicht in duurzaamheid en opschaalbaarheid van biocomposit uit natuurvezels met een focus op broeikassen in CO<sub>2</sub>-equivalenten, kosten en baten van productie (H5).

# 3

## HERKOMST EN VOORBEWERKING BIOMASSA

### 3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk is kort samengevat op welke wijze inzameling en voorbewerking van riet, gras en waterplanten kan worden geoptimaliseerd om het geschikt te maken voor biocomposiet. De eisen die door de composietmaker aan het uitgangsmateriaal worden gesteld zijn: droog (zo droog mogelijk), zandvrij, geen rotting, open vezels (geen holle buisjes) en een vezellengte van 3 tot 6 mm. Deze eisen komen voort uit reeds opgedane ervaringen uit onder andere Duitsland. Een langere vezel leidt tot te veel deeltjes die buiten het materiaal steken (insluiproute voor vocht). Een kortere vezel biedt de composiet te weinig wapening. Bij opschaling moeten de vezels ook homogeen zijn.

Diverse droog-, verklein- en schudmachines zijn getest. Daarbij is uitgegaan van eenvoudige voorbewerkingstechnieken die nu al worden gebruikt bij het midden- en kleinbedrijf (mkb). Op basis van die resultaten wordt bepaald hoe de reststromen zo efficiënt en duurzaam mogelijk kunnen worden voorbewerkt en opgeslagen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de hoofdlijnen. Voor meer achtergrondinformatie wordt verwezen naar het deelrapport “Voorbewerking biomassa” (2019, Fermont).

FIGUUR 5 VERSCHILLENDE GRONDSTOFFEN VOOR BIOCOMPOSIT



### 3.2 INZAMELING NATUURVEZELS

Het riet en het gras zijn afkomstig uit Westzaan. De waterplanten waren in eerste instantie afkomstig uit de Horstermeerpolder, maar deze vezels bleken teveel arseen te bevatten. Daarop zijn de tests met deze vezels verder gestaakt en is gezocht naar alternatief materiaal. Dit is gevonden in maaisel uit het Weerwater (Almere). De opgeschoonde cellulose is afkomstig van het Wetterskip Fryslân en komt uit de zeefinstallatie van de afvalwaterzuiveringsinstallatie Leeuwarden. De teruggewonnen vezels zijn gehygiëniseerd om veilig gebruik mogelijk te maken. Dit is als product (60 - 80% cellulose) verkrijgbaar onder de naam Recell.

De inzameling van waterplanten vraagt meer aandacht in verband met de Flora- en faunawet en snelle rotting. Nadat het materiaal is geogst, moeten eventueel in de planten aanwezige waterdieren namelijk genoeg tijd krijgen om te kunnen terugkeren naar het water. Dit is uitgewerkt in de gedragscode Flora- en faunawet voor waterschappen, die voorschrijft dat maaisel bij voorkeur 48 uur blijft liggen om kikkers en vissen te laten ontsnappen. (Per 1 februari 2019 is overigens de vernieuwde gedragscode Wet natuurbescherming in werking getreden.) Door het maaisel op de aanwezigheid van deze dieren te inspecteren en ze actief terug te zetten, kan deze wachttijd worden vermeden. Een uitzondering geldt voor trajecten waarbij het voor de bloemplanten beter is het maaisel gelijk op te ruimen (rottend maaisel is slecht voor bloemplanten). De gedragscode biedt dus ruimte om het maaisel (ook voor biocomposiet) meteen af te voeren. De eis van 48 uur is niet dwingend. Gedurende deze tijdelijke opslag, die plaatsvindt voor het geforceerde drogingsproces, is het materiaal extra gevoelig voor rotting.

### 3.2.1 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN INZAMELING EN OPSLAG VEZELS

Ten aanzien van inzameling en opslag zijn een aantal conclusies te trekken:

- De inzameling en opslag van waterplanten vraagt aandacht vanwege de Flora- en faunawet en vanwege snelle rotting. De gedragscode biedt wel ruimte voor een directe afvoer. Voor het drogingsproces is dat lastig. Aanbevolen wordt om de waterplanten op het land te drogen (direct uitspreiden op ontvangend land) tot 60% droge stof.
- Het materiaal is (eenmaal gedroogd) lang houdbaar (minimaal een jaar).
- Het onderzoek naar de kwaliteit van biocomposiet van verzamelde waterplanten uit de Horstermeer is stopgezet vanwege verhoogde arseengehalten.
- Let op risico's door de mogelijke aanwezigheid van zware metalen in biomassa. Bij een overschrijding van normwaarden wordt afgeraden om biomassa te verwerken tot biocomposiet.
- Bij het maaien is het belangrijk om de invang van zand te voorkomen. Oeverriet kan soms worden gemaaid met een opzuigboot. Daarbij kan zand gemakkelijk worden vermeden, waardoor direct al een hoogwaardiger basisproduct ontstaat. Bij de opwerking van het materiaal kan dat tot veel stof leiden. Door instructie van de maaiploeg kan dit beperkt blijven.

## 3.3 VOORBEWERKING

Diverse droog-, verklein- en schudmachines zijn getest. Daarbij is uitgegaan van eenvoudige voorbewerkingstechnieken die nu al worden gebruikt worden bij het midden- en kleinbedrijf (mkb).

### 3.3.1 VERKLEININGSPROEVEN

Uit de verkleiningsproeven blijkt dat het maaisel uit de snijmolen (Alpine) het best voldoet aan de doelstelling voor het verkleinen (3 à 6 mm) en het geschikt maken voor zeven. Riet moet twee keer door de snijmolen. De shredder bood zo weinig opbrengst dat daarmee niet verder is gegaan.

Bij de verkleiningsproeven met de hakselaar (New Holland FR9060) verdwijnt zand dat zich in het startmateriaal bevindt. Uit de visuele waarnemingen tijdens deze proeven is duidelijk geworden dat bij deze bewerking een aanzienlijke hoeveelheid materiaal als stof in de lucht verdwijnt. De hakselaar biedt in één snelle werkgang echter een goed resultaat qua vezelgrootte.

Door gebruik te maken van een hakselaar en de juiste droog- en zeeftechnieken is de waterplantvezel op een bruikbaar niveau te brengen. Uit latere tests moet blijken welke kwaliteit biocomposiet hiermee kan worden gerealiseerd.

### 3.2.2 ZEEFPROEVEN

Het doel van de zeefproeven is het verkrijgen van een gewenste lengte van 3-6 mm, omdat dit nodig is voor het maken van biocomposietproducten met de BMCtechniek. Door gebruik te maken van goede zeeftechnieken komt het totale rendement bij riet op 92%, bij gras op 70% en bij de waterplanten op 77%. Ongeveer 75% van de input van vezels is verkleind naar 3-6 mm. Voor de resterende fractie moet een andere oplossing worden gevonden.

De vezels vallen soms ook verticaal door de zeefmazen, waardoor langere vezels terechtkomen bij de kleinste fractie. Dit komt ook voor bij de gewenste fractie van 36 mm.

Bij drie soorten biomassa, namelijk riet, waterplanten en gras, voorberekt met de snijmolen, leveren de zeefproeven een reproduceerbaar resultaat.

## 3.4 CONCLUSIE VOORBEWERKING (ZEVEN EN VERKLEINEN)

Wat betreft de voorberekking zijn een aantal conclusies te trekken:

- De onderzochte voorberekkingen waren succesvol in het verkrijgen van zandvrije vezels met lengtespecificaties tussen de 3 en 6 mm met behulp van eenvoudige voorberekkingsstappen.
- De hakselaar levert goede resultaten op wat betreft het zandvrij maken van het materiaal en een goed product. Mogelijk moet het nog een keer door de snijmolen.
- Voorberekking met de snijmolen en een zeef leveren geschikt materiaal op voor de productie van biocomposiet, al zitten daartussen soms te lange vezels die verticaal door de zeef zijn gegaan.
- Voor alle natuurvezels geldt dat ze gedroogd, verkleind en droog opgeslagen het langst houdbaar zijn (minimaal een jaar).

Om de vezels beter te laten functioneren in het biocomposiet is een verhouding wenselijk tussen vezellengte en breedte die vergelijkbaar is met die van cellulose.

### 3.4.1 AANBEVELINGEN VOORBEWERKING

Wat betreft de voorberekking zijn er de volgende aanbevelingen:

- De totale keten van oogsten, drogen en voorberekken kan nog verder worden geoptimaliseerd op rendement.
- Waterplanten kunnen eerst op het land tot 60% droge stof worden gedroogd. Vervolgens wordt dit verzameld en gehakseld met een hakselaar. Hierdoor wordt al een prima verkleiningsstap uitgevoerd en wordt het zand verwijderd. Daarna kan het materiaal verder drogen tot 85% door middel van een tunneldroger en daarna via een snijmolen en een zeef op de juiste maat worden gebracht.
- Voor waterbeheerders is het aantrekkelijk dat speciale bedrijven het ruwe product opwerken tot een kwaliteit die direct kan worden vervoerd naar de biocomposietfabriek. Een voorbeeld van een dergelijk ruw product is slootmaaisel, dat op het land is uitgespreid (gedroogd tot 60%) en vervolgens is opgeraapt en in balen is geperst. Het gedroogde maaisel kan tevens worden gekuild met folie eromheen. Een ander voorbeeld kan worden gevonden in geklepeld riet, dat na het drogen los in een vrachtwagen of in de vorm van een baal kan worden vervoerd. Door 'maatschappelijk verantwoord inkopen' kan de waterbeheerder deze eisen ook voorschrijven aan de aannemer.

- Het verdient aanbeveling dat goed werkende processtappen als standaard ('iso') worden beschreven, zodat meerdere partijen een afgesproken kwaliteit kunnen opleveren. Dit kan een vervolgopdracht zijn aan een marktpartij.

# 4

## PRODUCTIEPROCES BIOCOMPOSIT

### 4.1 INLEIDING

Riet, gras, waterplanten en cellulose zijn potentiële natuurvezels die in biocomposit kunnen worden verwerkt. Hiervoor moet een recept worden ontwikkeld. Dit onderzoek heeft tot doel voor rietvezels een belangrijke stap richting optimalisatie te zetten en te starten met vezels van gras, waterplanten en cellulose. Het onderzoek bestaat uit twee fasen:

1. Het optimaliseren van recepten voor biocomposit (fase 1)
2. Het onderzoek naar het verouderingsproces van het geoptimaliseerde materiaal (fase 2).

Voor de mechanische eigenschappen is gekeken naar buigtests en impacttests, waarbij hogere waarden duiden op een sterker product. De buigtests zijn volgens de norm NEN-EN-ISO 14125 uitgevoerd op de machine 5kN Shimadzu AGS-X. De impacttests zijn uitgevoerd op de Anytester HY4251A volgens de norm EN-ISO 179-1. De precieze recepten zijn niet gerapporteerd. Wel is gerapporteerd tussen welke massapercentages de natuurvezels zijn getest.

### 4.2 FASE 1: OPTIMALISATIE VAN RECEPTEN VOOR BIOCOMPOSIT

De mogelijkheid om riet te verwerken is reeds in een eerder project op laboratoriumschaal aangetoond. Daarbij bestond 84% van de grondstoffen uit biobased en circulaire reststromen. Dit recept willen we in dit onderzoek optimaliseren. Daarbij komen de volgende vragen naar voren:

- Welke verhouding tussen natuurvezels, riet, kalk en biohars (polyester) is praktisch en technisch optimaal voor het maken van biocomposit?
- Uitgaande van het best presterende recept met riet worden drie recepten gemaakt voor gras, waterplanten en cellulose. Welke verhouding is voor deze natuurvezels met kalk en biohars praktisch en technisch het meest optimaal voor het maken van biocomposit?

#### 4.2.1 COMPOSIT OP BASIS VAN RIET

De rietrecepten zijn geoptimaliseerd door vier recepten te ontwikkelen en op de resultaten daarvan de metingen voor buigsterkte en buigstijfheid uit te voeren. De hoeveelheid riet in biocomposit ligt tussen de 8 en 20 massaprocenten.

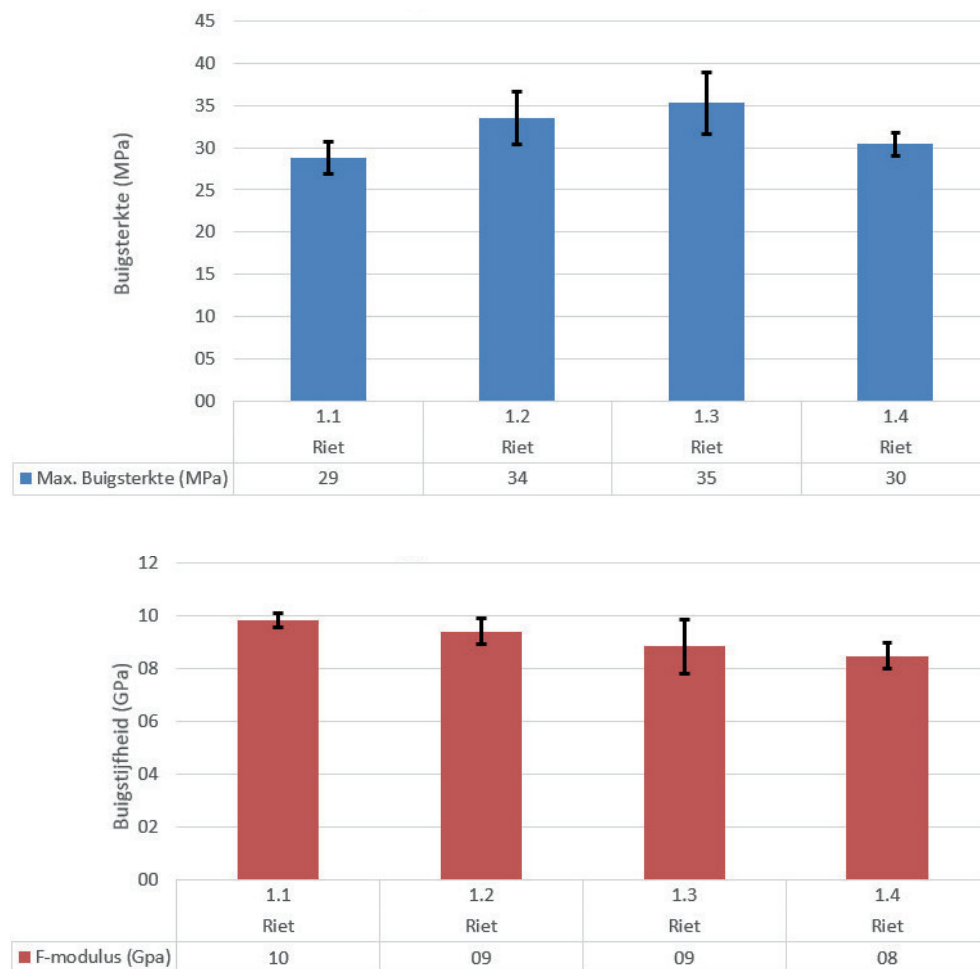
TABEL 1 DE VEZELHOEVEELHEDEN IN DE VERSCHILLENDE RIETRECEPTEN

Recept	1.1 Riet	1.2 Riet	1.3 Riet	1.4 Riet
% vezels	+	++	+++	++++

De resultaten zijn weergegeven in figuur 6. Bij de buigproeven leidt recept 1.3 tot de beste resultaten. Recept 1.3 is als basisrecept gebruikt voor de andere natuurvezels.

FIGUUR 6

BUIGSTERKTE EN BUIGSTIJFHEID VAN DE SAMPLES MET RIETVEZEL IN FASE 1 CONFORM NORM NEN-EN-ISO 14125



#### 4.2.2 COMPOSIT OP BASIS VAN CELLULOSE, GRAS EN WATERPLANTEN

Op basis van recept 1.3 zijn drie recepten gemaakt met de natuurvezels cellulose, gras en waterplanten. Daarbij is het vezelpercentage van rietrecept 1.3 overgenomen en is een recept gemaakt met meer natuurvezels en een recept met minder natuurvezels om de verschillen in beeld te brengen. Voor recept 2.3 (cellulosevezels) was het deeg 'te droog' om te kunnen verwerken. Daarop is recept 2.15 gemaakt.

TABEL 2 DE VEZELHOEVEELHEDEN IN RECEPTEN MET CELLULOSE, GRAS EN WATERPLANTEN

Recept	1.3 Riet	2.1 Cellulose	2.15 Cellulose	2.2 Cellulose	3.1 Gras	3.2 Gras	3.3 Gras	4.2 Waterplanten
% vezels	+++	+	+ / ++	++	+	++	+++	++

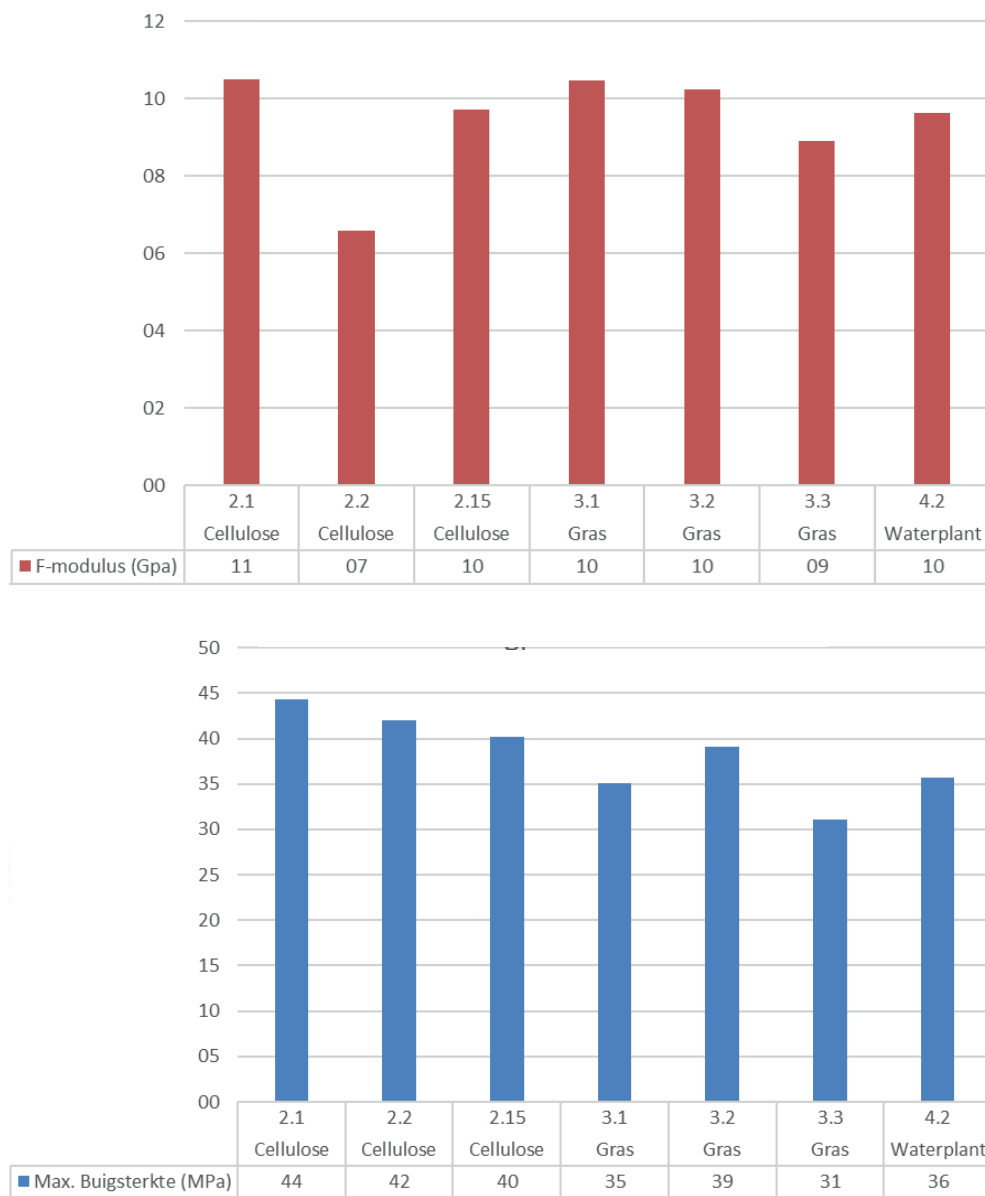
De resultaten wat betreft buigsterkte en buigstijfheid zijn weergegeven in figuur 7. Wat opvalt is dat cellulose leidt tot de hoogste waarden met minder vezels dan bij riet, gevolgd door 3.2 voor gras. Deze geselecteerde recepten vormen de basis voor de tests in fase 2.

TABEL 3 DE VEZELHOEVEELHEDEN IN DRIE RECEPTEN MET WATERPLANTEN

Recept	8.1 Waterplant	8.2 Waterplant	8.3 Waterplant
% vezels	+	++	+++

Op een later moment zijn nog drie recepten met waterplanten getest. Hiervan heeft recept 8.2 de beste resultaten behaald.

FIGUUR 7 BUIGSTERKTE EN BUIGSTIJFHEID VAN DE SAMPLES MET CELLULOSE, GRAS EN WATERPLANTEN IN FASE 1 CONFORM NORM NEN-EN-ISO 14125



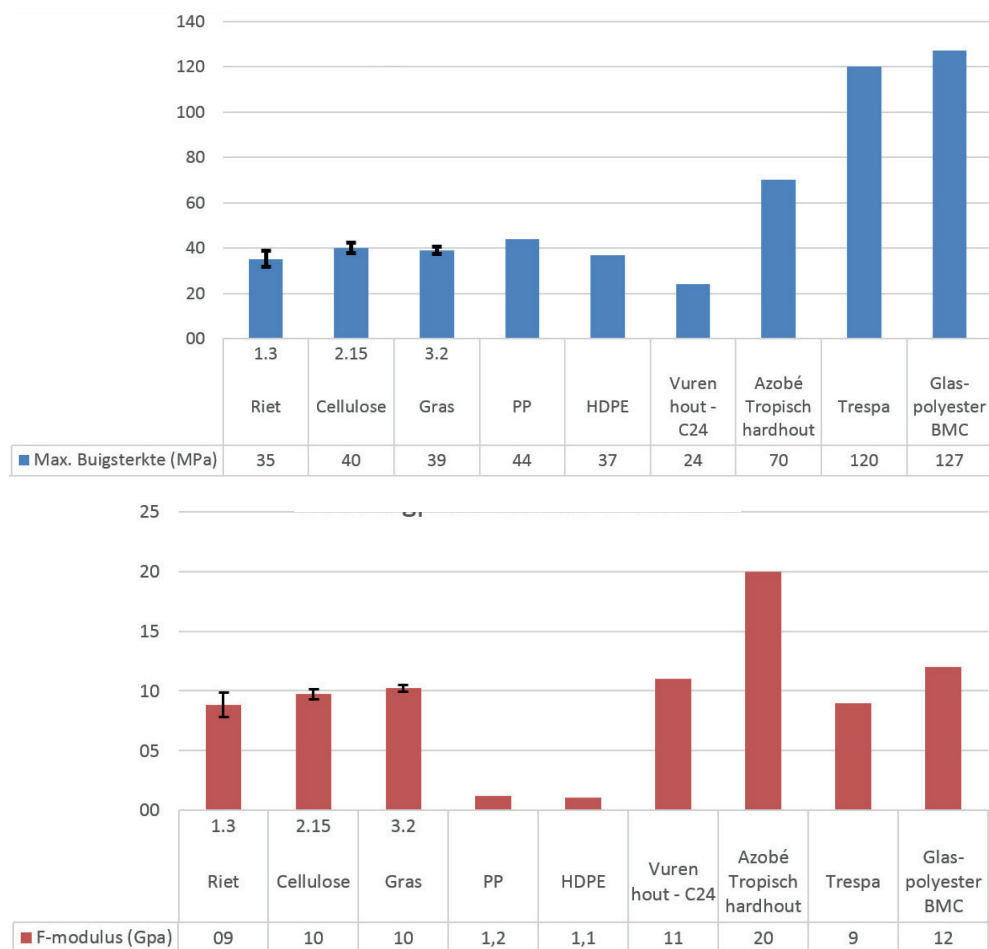
#### 4.2.3 VERGELIJKING MET ANDERE MATERIALEN

De tests laten zien dat we een biocomposiet kunnen vervaardigen met 84% aan restmaterialen. Om de waarde van de meetresultaten beter te kunnen inschatten zijn deze vergeleken met een aantal andere materialen. Dan blijkt dat de gemeten buigsterkten vergelijkbaar zijn met die van polypropyleen (PP) en high density polyethyleen (HDPE). Het biocomposiet heeft minder vezels, wat het verschil in buigsterkte kan verklaren met HPL-platen (high pressure laminates, bv.Trespa) bestaande uit cellulose en formaldehydharz met meestal een melamine toplaag. Trespa is in Nederland een bekende producent. Het biocomposiet heeft echter wel vormvrijheid. Dit voordeel heeft Trespa niet.



FIGUUR 8

BUIGSTERKTE EN BUIGSTIJFHEID VAN DE SAMPLES VERGELEKEN MET DIE VAN ENKELE ANDERE MATERIALEN



Als we de buigstijfheid van de samples met elkaar vergelijken dan zijn de resultaten vergelijkbaar met die van vurenhout, Azobe en Trespa (<sup>1</sup>zie figuur 5a en 5b). Dit zijn materialen die wereldwijd in enorme hoeveelheden worden gebruikt worden. In potentie zijn daarmee voldoende mogelijkheden zijn om ze te vervangen door een biocirculair alternatief.

TABEL 4

VERGELIJKING VAN VERSCHILLENDE MATERIALEN WAT BETREFT BUIGSTERKTE, BUIGSTIJFHEID EN VORMVRIJHEID

	Buigsterkte	Buigstijfheid	Vormvrijheid
Trespa, vurenhout	+++	+++	0
PP, HDPE	++	+	+++
Biocomposiet	++	+++	+++

#### 4.2.4 CONCLUSIE BUIGPROEVEN

De buigstijfheid is hoger dan bij standaard biocomposieten op basis van alleen hars en natuurvezel en een infusieproces. Dit komt doordat er  $\text{CaCO}_3$  wordt gebruikt als vulmiddel. De calciumcarbonaat maakt het materiaal aanzienlijk stijver. Het afnemen van de vulgraad (50%) van calciumcarbonaat, bij een toenemende vezelverhouding verklaart de afname van de buigstijfheid.

1 Vuren hout: <http://www.houtdatabase.nl/?q=hout/bouw/306>  
 Azobé: <http://www.houtdatabase.nl/?q=hout/bouw/4>  
 Trespa: <https://www.trespa.info/en/documents/Meteon/Panel-material-properties?r=12>

Na optimalisatie is het mogelijk gebleken om vanuit 84% reststromen een volwaardig biocomposiet product te maken. De mechanische eigenschappen voor riet, gras en cellulose liggen dicht bij elkaar in de buurt.

Wat betreft buigsterkte zijn de biocomposieten beter dan reguliere producten zoals PP en HDPE. Als we naar buigstijfheid kijken zijn de biocomposieten vergelijkbaar met vurenhout en Trespa.

#### 4.3 FASE 2: ONDERZOEK NAAR HET VEROUDERINGSPROCES

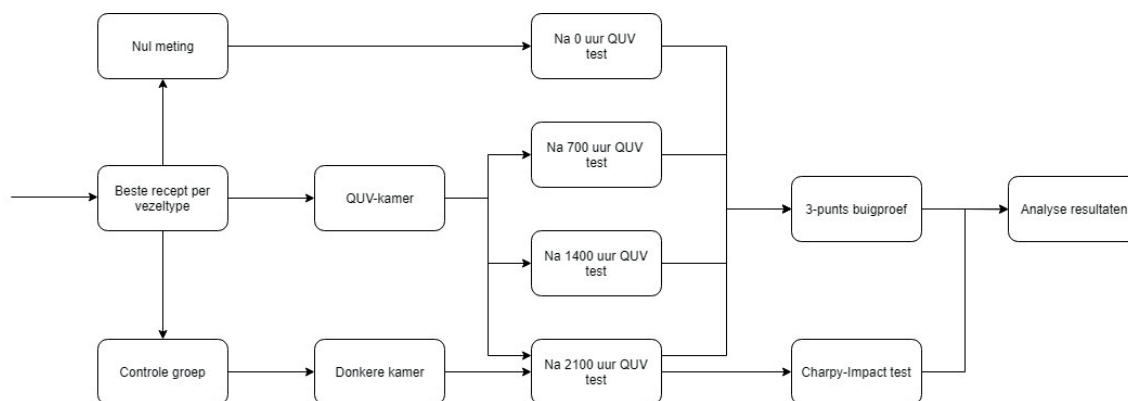
Versneld verouderen onder extreme omstandigheden wordt gedaan om een indicatie te krijgen van wat er in de tijd kan gebeuren met materialen. In de tests hebben we de materialen extreem belast zonder een coating te gebruiken of andere vormen van bescherming (zoals UV-blockers). Zo kregen we een beeld van de mechanische eigenschappen van de verschillende biocomposietrecepten.

Om een goed beeld te krijgen van de veranderingen van de mechanische eigenschappen tijdens het verouderingsproces is een nulmeting gedaan (zonder veroudering) en zijn tussentijds monsters uit de QUV-kast gehaald om metingen op te kunnen verrichten. Zo hebben we nu vijf meetgegevens per recept: onverouderd (fase 1), verouderd onbelast (controlegroep donkere kamer en drie verouderingsmomenten (fase 2)). Een overzicht hiervan wordt getoond in figuur 9.

De samples werden als volgt verouderd:

- De gemaakte samples zijn versneld verouderd in een QUV-kast, door ze bloot te stellen aan UV, vocht en temperatuur cycli.
- Naast het versneld verouderen zijn ook samples in een kast zonder UV en vocht verouderd, als referentie.
- Van alle verouderde samples zijn weer de mechanische eigenschappen bepaald om een indicatie te hebben van de levensduur van onbehandelde biocomposieten. Naast de buigsterkte en buigstijfheid is hierbij ook slagvastheid bepaald.

FIGUUR 9 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE TESTS



De geselecteerde recepten uit fase 1 zijn de recepten Riet 1.3, Cellulose 2.15, Gras 3.2. en waterplanten 8.2. Van deze recepten zijn nieuwe samples gemaakt voor fase 2.

#### 4.3.1 VEROUDERINGSPROCES QUV-KAST

De samples hebben verschillende tijdsduren in de QUV-kast gestaan. De verouderde samples zijn uit de QUV-kast gehaald na er respectievelijk 700 (33%), 1400 (66%) en 2100 (100%) uren in te hebben gestaan.

Naarmate een materiaal langer in een QUV-kast zit nemen de mechanische eigenschappen verder af. Voor de thermohardende biocomposieten die in dit onderzoek werden gebruikt, geldt dat de eigenschappen na een eerste verval ongeveer gelijk bleven. Bij thermoplastische materialen gaat dit proces echter door.

De manier waarop de samples visueel verouderen is goed te zien in figuur 7. Het biocomposiet 'verkrijt', wat het gevolg is van ultraviolet (U), dat de harslaag aantast. Daardoor ziet de oppervlakte er witter uit. Van elk plaatje biocomposiet zijn zes samples gemaakt om er mechanische tests mee te kunnen uitvoeren.

FIGUUR 10 VEROUDERINGSPROCES VAN DE SAMPLES MET GRAS, CELLULOSE, RIET EN WATERPLANTEN. DE ZICHTBARE RIJEN ZIJN NA 700 UUR, 1400 UUR EN 2100 UUR IN EEN QUV-KAST



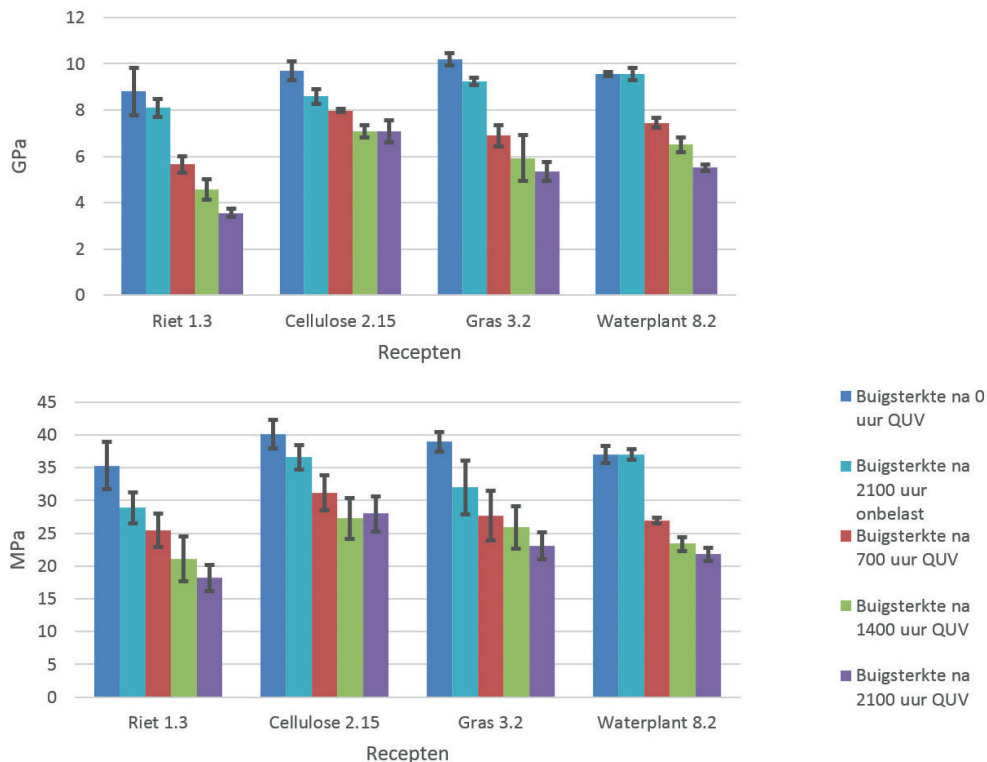
#### 4.3.2 MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN NA HET VEROUDERINGSPROCES

Van de verouderde plaatjes zijn samples gezaagd om daarmee de mechanische eigenschappen te bepalen. De metingen voor de buigtest zijn verricht met gezaagde strookjes van 80 x 15 mm en de slagvastheid is gemeten met gezaagde strookjes van 80 x 10 mm. De dikte van de gezaagde plaatjes varieerde enigszins: tussen de 6 en 7 mm. Van elke meting van buigsterkte en buigstijfheid zijn minimaal vijf metingen nodig, maar om de resultaten nog beter te kunnen toetsen hebben wij er zes uitgevoerd conform 'NEN-EN-ISO 14125 – Bepaling van de buigeigenschappen van vezel versterkt kunststof composiet' op een 5kN Shimadzu AGS-X.

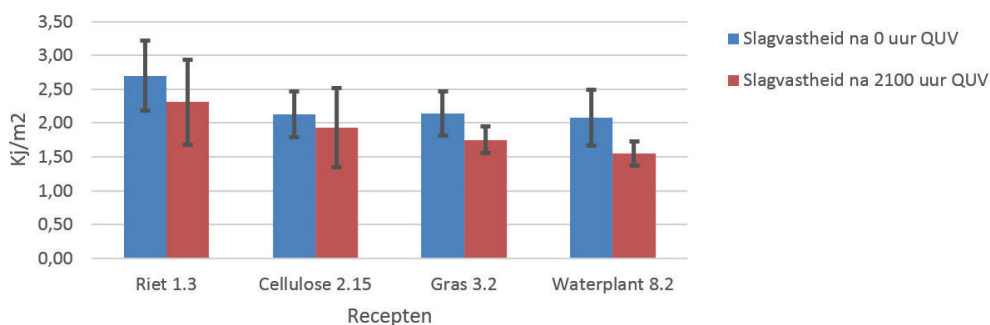
Voor de slagvastheid moeten minimaal tien metingen worden verricht. Wij hebben twaalf metingen uitgevoerd conform 'EN-ISO 179-1 Plastics – Determination of Charpy impact properties' op een Anytester HY4251A. Daarmee zijn de eventuele uitschieters geëlimineerd. Voor de buigsterkte en buigstijfheid zijn alle samples getest. Voor de slagvastheid zijn de nulmeting en de 100% verouderde variant gekozen, zodat een beeld werd verkregen van het verschil bij het begin en het einde van de veroudering. Alle metingen zijn telkens op dezelfde apparaten uitgevoerd, zodat de resultaten goed vergelijkbaar waren.

De figuren 11 en 12 geven de resultaten weer van de buigsterkte, de buigstijfheid en de slagvastheid bij 0%, 33%, 66% en 100%, waarbij 100% overeenkomt met 2100 uren in de QUV-kast. In verband met de aanwezigheid van arseen in de waterplanten (4.2) zijn de resultaten daarvan niet meegenomen in de kolommen 'na 0 uur QUV' en zijn de gegevens van 8.2 'na 2100 uur onbelast' gebruikt.

FIGUUR 11 BUIGSTERKTE EN BUIGSTIJFHEID VAN DE SAMPLES MET RIET, CELLULOSE, GRAS EN WATERPLANTEN IN FASE 2, CONFORM NORM NEN-EN-ISO 14125



FIGUUR 12 SLAGVASTHEID VAN DE SAMPLES MET RIET, CELLULOSE, GRAS EN WATERPLANTEN IN FASE 2, CONFORM EN-ISO 179-1



Biocomposieten stabiliseerden zich na verloop van tijd in een QUV-kast. Dat betekent dat het UV-licht en het vocht geen invloed meer hebben op de achteruitgang van de mechanische eigenschappen van het materiaal. Het verkrijde oppervlak beschermt immers het materiaal dat er onder zit en het materiaal kan geen extra vocht meer opnemen. In deze proef is na 2100 uren veroudering dit evenwicht nog niet ontstaan. Alleen composieten met cellulosevezels lijken zich te stabiliseren. Een langere verblijftijd in de QUV-kast zou dit beeld kunnen bevestigen.

Daarnaast laten de cellulosevezels wat betreft buigsterkte en buigstijfheid een ander beeld zien dan het riet, het gras en de waterplanten. Parallel aan het onderzoek produceerde de industriële partner van NPSP ook op basis van riet. Uit de metingen van die partner blijkt dat de mechanische eigenschappen normaliter na 10.000 uren in de QUV-kast tussen de 10 en maximaal 20% dalen en zich dan stabiliseren. Het verschil tussen beide resultaten is nog niet verder onderzocht, maar kan mogelijk veroorzaakt worden door het verschil in gebruikte voorbereidingstechnieken.

#### 4.3.3 CONCLUSIE VEROUDERINGSPROCES

Bij de veroudering zijn de recepten van biocomposiet onder extreme omstandigheden belast. De mechanische eigenschappen zijn na de veroudering redelijk. De slagvastheid en de veroudering moeten nog worden verbeterd. In dit onderzoek hebben we ons gericht op de optimalisatie van het recept en niet op de bescherming van de materialen. Het lijkt erop dat vocht het belangrijkste effect heeft op de achteruitgang van de mechanische eigenschappen. Een mogelijke verklaring is dat onvoldoende fijngemalen vezels aan de oppervlakte van de composiet liggen en dat via deze vezels het vocht gemakkelijk kan binnendringen.

De verouderingsproeven zijn niet vergeleken met de verouderingstest die door de productiepartner van het biocomposiet (serie-productie) zijn gedaan. In een vervolgonderzoek zal hiernaar gekeken kunnen worden.

Het biocomposiet van de cellulosevezel heeft de beste mechanische eigenschappen. Mogelijk komt dat door de structuur (smaller en langer). In mechanisch opzicht heeft deze vezel de hoogste potentie voor opschaling.

#### 4.3.4 MOGELIJKE REDENEN AFWIJKEND BEELD MET DE HUIDIGE PRODUCTIE

- De veroudering gemeten door de productiepartner van het biocomposiet (serie-productie) zijn gedaan volgens een andere norm (vochtopname volgens ISO 62).
- We hebben met de tests de aangeleverde natuurvezels gebruikt. Deze zijn met andere oogst- en voorbereidingsmethodieken verkleind, waardoor de mechanische resultaten kunnen verschillen.
- De samples zijn relatief dun. We vermoeden dat de afname van de matrix een kleiner effect heeft op de meetresultaten als de samples dikker zijn. Bovendien is de verdeling van de vezels in dikkere samples vermoedelijk beter, waardoor de kans op lineaire oriëntatie van de vezels kleiner is.
- De randen zijn na het zagen niet schuin gefreesd voordat werd gestart met de tests. Doordat bij het zagen van de samples soms een vezel loskomt, ontstaat een soort inkeving, waarmee een zwakke plek in het sample ontstaat. Het vermoeden is dat dit effect door het frezen van een schuine rand aan de samples voor een belangrijk deel kan worden geëlimineerd.
- De hars beschermt de vezels tegen vochtindringing. Doordat het riet, het gras en de waterplanten relatief dikke vezels hebben die tot aan het oppervlak komen, worden ze niet beschermd door de hars. Tevens kunnen we bij kleine samples niet meer spreken van een uniform materiaal. Lokale zwakheden kunnen dan leiden tot lagere mechanische eigenschappen. Cellulose komt dicht bij het gebruikelijke grafiekverloop. Deze vezel is dunner dan de andere vezels en daarmee is het verouderingseffect mogelijk kleiner en ontstaat dit alleen aan de oppervlakte van het materiaal. Het oppervlak van het biocomposiet met cellulose is visueel ook vlakker na veroudering, dan het oppervlak bij de andere vezels.

#### 4.3.5 MOGELIJKE OPLOSSINGEN EN VERVOLGONDERZOEK

Vocht lijkt een belangrijke oorzaak te zijn voor de mechanische achteruitgang van de samples. Om dit tegen te gaan zien we drie mogelijke aanpassingen:

- 1 Door smallere vezels (betere lengte-breedteverhouding) te gebruiken zullen de mechanische eigenschappen waarschijnlijk verbeteren en zou ook de invloed van vocht kunnen worden verminderd. Dit zal bij de specificaties moeten worden aangepast. Voor rietvezels betekent dit dat de vezels open moeten zijn (geen holle pijp).
- 2 Veroudering kan mogelijk worden voorkomen door de natuurvezels vooraf te behandelen. Dit zal vooral belangrijk zijn bij mechanisch belaste toepassingen. Er zijn verschillende voorbehandelingsmethoden, waarbij het belangrijk is om uit te zoeken welke methode het best past bij een bepaald materiaal en/of productieproces.
- 3 Het toepassen van een ander type hars dat minder dampopen en minder gevoelig is voor UV-straling kan een bijdrage leveren aan betere prestaties.

Ook kunnen de zaagranden schuin worden gefreesd om eventuele verschillen te verkleinen.

Met de eerste twee mogelijkheden zijn reeds een paar eerste verkennende tests uitgevoerd (buiten dit onderzoek om), maar nog onvoldoende om oplossingen te bieden. Geadviseerd wordt hiervoor nader onderzoek uit te voeren. Eindproducten kunnen worden beschermd door een coating aan te brengen, zoals dat ook bij producten van staal, aluminium en hout gebeurt. Om een dergelijke bescherming te behouden is in alle gevallen wel onderhoud van de coating nodig. Het vervolgonderzoek zou zich naar ons idee niet moeten richten op bescherming door een aangebrachte coating aan de oppervlakte, maar op een betere bescherming door het materiaal zelf.

# 5

## DUURZAAMHEID, KOSTEN EN OPSCHALING

### 5.1 CO<sub>2</sub>-REDUCTIE

#### 5.1.1 DUURZAAMHEID IN CO<sub>2</sub>-REDUCTIE

Duurzaamheid drukken we uit in de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-reductie. We vergelijken de nieuwe afzetroute naar biocomposiet met de oude route naar een compostbedrijf. CO<sub>2</sub>-reductie vindt plaats door minder rotting van biomassa en door het vermijden van andere grondstoffen, zoals glasvezels in composiettoepassingen. We betrokken in het onderzoek ook de extra CO<sub>2</sub>-emissie die nodig is voor het maken van het biocomposiet (voorverwerkingen zoals oprapen, drogen, verkleinen en logistiek).

#### 5.1.2 EXTRA CO<sub>2</sub>-BELASTING DOOR OOGSTEN EN VOORBEWERKEN VAN BIOMASSA

Om vervuiling te voorkomen vraagt het oogsten van biomassa vraagt iets meer precisiewerk. Het “handboek machines en werktuigen, voor oogst & logistiek in veengebied” (Werkgroep Rietimpuls, Natuurlijk Advies, 2013) beschrijft meerdere machines met hun bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot per hectare. Voor de oogst van riet kunnen we op basis van praktijkervaring uitgaan van de Leitner 380H met een uitstoot van 58 kg CO<sub>2</sub> per hectare. Een hectare levert netto ongeveer 4 ton riet en 6 ton gras. Per kilo maaisel betekent dit dat de CO<sub>2</sub>-belasting van een oogst ver achter de komma komt. Daardoor is deze waarde te verwaarlozen.

Voor het actief drogen van natuurvezels is (rest)warmte nodig. Bij restwarmte is de CO<sub>2</sub>-belasting nul. De benodigde hoeveelheid CO<sub>2</sub> voor actief drogen hangt af van de energiebron en het vochtgehalte van de biomassa. Daardoor kan een inschatting niet eenvoudig worden gemaakt. De gegevens omtrent CO<sub>2</sub> bij het verkleiningsonderzoek zijn niet beschikbaar gekomen. Het is daardoor niet mogelijk is om de CO<sub>2</sub>-reductie te bepalen voor de oogst, de verwerking en de toepassing als geheel. Uit het onderzoeksrapport (Groot, 2013) is gebleken dat de verwerking van het maaisel voor de CO<sub>2</sub>-belasting een vergelijkbaar beeld laat zien met het oogsten. Per kilo maaisel betekent dit dat we de CO<sub>2</sub>-belasting van de voorbereiding kunnen verwaarlozen.

#### 5.1.3 EXTRA CO<sub>2</sub>-BELASTING DOOR TRANSPORT

In dit onderzoek is het maaisel afgevoerd naar NPSP in plaats van naar een compostbedrijf. Qua transport is de CO<sub>2</sub>-emissie daarmee gelijk gebleven. De huidige voorbereiding en productie van biocomposiet vindt in Duitsland plaats. Dit zorgt nu nog voor een extra CO<sub>2</sub>-emissie, maar die is lager dan de verminderde hoeveelheid CO<sub>2</sub>. Als de vraag naar producten toeneemt, kan de productie mogelijk worden verplaatst naar Nederland. Daarmee kan de CO<sub>2</sub>-emissie voor de logistiek worden verkleind.

#### 5.1.4 CO<sub>2</sub>-REDUCTIE DOOR TEGENGAAN VERROTTING

Als maaisel niet wordt verwerkt tot composiet zal rotting optreden en dat leidt tot CO<sub>2</sub>-emissie. Uit de informatie uit het rapport ‘Levenscyclusanalyse Groencompost’ van WUR (<http://>

edepot.wur.nl/148665) blijkt dat daarbij per ton maaisel 188 kg CO<sub>2eq</sub> vrijkomt met een drogestofgehalte (ds) van 80%. Het bureau Ecochain heeft de berekening getoetst en bevestigd voor het biocomposiet van NPSP. Met elke 5 ton maaisel (ds 80%) kan door niet te composteren al 1 ton CO<sub>2</sub>-eq worden verminderd. Bij deze berekening is de extra CO<sub>2</sub>-belasting door het transport naar Duitsland reeds meegenomen.

#### 5.1.5 VERMINDERD VOLUME CO<sub>2</sub> DOOR ANDERE GRONDSTOF (NATUURVEZELS IN PLAATS VAN GLASVEZELS)

Bij het maken van biocomposiet vervangen natuurvezels veelal glasvezels. Voor de productie van een kilogram glasvezels is 7,6 kg CO<sub>2</sub> nodig tegenover 0,51 kg CO<sub>2</sub> voor een kilogram riet. Per kilogram riet wordt circa 7,1 kg CO<sub>2</sub> vermeden als het glasvezels in composiet vervangt bij een gelijke stijfheid. De stijfheid van rietcomposiet bedraagt ongeveer 37,5% vergeleken met die van glasvezelcomposiet. Daarmee vermindert gecorrigeerd 2,7 kg CO<sub>2</sub> per kilogram biocomposiet. De gebruikte waarden zijn terug te vinden op de websites van RVO en MSU (zie literatuurlijst).

#### 5.1.6 WAT NEMEN WE NIET MEE

Biocomposiet bestaat uit hars, kalk en vezels. NPSP gebruikt in het biocomposiet duurzaam calciet uit het drinkwaterproces en een biohars. De CO<sub>2</sub>-reductie door het gebruik van deze grondstoffen is nog niet in de berekening meegenomen. De grondstoffen in veel huidige producten hebben meestal een hogere CO<sub>2</sub>-belasting. Door deze producten te vervangen door biocomposiet wordt de CO<sub>2</sub>-belasting (gedurende de gehele levensduur) lager. De CO<sub>2</sub>-vermindering varieert per product.

#### 5.1.7 POTENTIËLE CO<sub>2</sub> REDUCTIE

Op basis van de bovenstaande informatie kunnen we de potentie berekenen van de CO<sub>2</sub>-reductie. Die gaat uit van de vervanging van glasvezels door natuurvezels en van het gegeven dat geen compostering plaatsvindt. Daarbij gaan we uit van een groeiscenario voor de komende jaren (zie de tabel hieronder).

TABEL 5 VERMINDERDE HOEVEELHEDEN CO<sub>2</sub>-EQUIVALENT DOOR GLASVEZELS IN COMPOSIT TE VERVANGEN DOOR NATUURVEZELS

Jaar	Natuurvezels benodigd in ton (80% ds)	Verminderd CO <sub>2</sub> -eq door niet composteren (per ton 80% ds)	Verminderd CO <sub>2</sub> -eq door vervanging glasvezel (Kg CO <sub>2</sub> /kg riet)	Verminderd aantal tonnen CO <sub>2</sub> -eq
2019	2,5	0,19	2,7	7
2020	100	0,19	2,7	285
2025	500	0,19	2,7	1426

Het gebruik van natuurvezels biedt een grotere potentie om CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren. Met 1 ton rietmaaisel kan 2,7 ton CO<sub>2</sub> worden gereduceerd als riet in composiet wordt toegepast en in plaats van glasvezels (factor 1:2,7). De tabel laat zien dat bij een eerste opschaling naar ongeveer 100 hectare rietland 1426 ton CO<sub>2eq</sub> kan worden gereduceerd. Bij de volgende opschalingsstap zal dit verder toenemen. Daarbij is alleen nog maar gekeken naar CO<sub>2</sub>-reductie door niet te composteren en glasvezels te vervangen. Daarnaast valt er nog veel CO<sub>2</sub> te reduceren door circulair kalk uit drinkwater te gebruiken en biohars in plaats van hars op basis van aardolie toe te passen. Daarmee nemen de gereduceerde tonnen CO<sub>2eq</sub> naar verwachting nog flink toe. Hiermee laat natuurvezelcomposiet in vergelijking met glasvezelcomposiet een positief beeld zien. Als we met natuurvezelcomposiet materialen zoals bijvoorbeeld staal en aluminium kunnen vervangen, dan wordt het beeld nog veel gunstiger.



## 5.2 KOSTEN EN BATEN

In deze kosten/batenanalyse is een grove inschatting gemaakt van de kosten en de te verwachten baten. Met elkaar vergeleken zijn de kosten voor de huidige afvoerroute van maaisel en de kosten en baten van de nieuwe afvoerroute van maaisel voor de productie van biocomposiet.

De kostprijs voor het oogsten van gras kunnen we voor beide routes gelijk beschouwen. Riet geschikt maken voor biocomposiet zal duurder zijn. Bij het uitkammen van riet worden boomachtige stukken verwijderd (zoals elzen). Dit materiaal kan niet goed worden verwerkt in biocomposiet. Het uitkammen van riet is een extra bewerking.

De kostprijs van het afvoeren van een ton maaisel naar een stortlocatie is voor zowel gras als riet bekend. Deze kosten kunnen worden vermeden als het maaisel als grondstof voor een hoogwaardig product kan worden toegepast. Daar staan mogelijk wel wat opslagkosten tegenover, maar er staat ook een batenpost tegenover doordat het maaisel geld waard wordt.

De transport- en storkosten zijn goed in te schatten. Om een eerlijke overzicht te maken van kosten en baten moet op vochtgehalte worden gecompenseerd, zodat de verschillen bij gelijke hoeveelheden droge stof kunnen worden gemaakt. Voor tabel 6 is het verse maaisel daarom eerst omgerekend naar 80% droge stof. De tabel geeft een indicatie van de financiële waarde van gras en riet als deze geschikt zijn als grondstof voor biocomposiet.

TABEL 6 INDICATIE VAN DE KOSTEN EN BATEN VAN GRAS EN RIET VOOR HET WATERSCHAP

GRAS	Compost	Compost	Biocomposiet
Droge stofgehalte	30%	80%	80%
Vochtgehalte	70%	20%	20%
Omrekenfactor	1,00	2,67	-
Storkosten/ton	€ -30,00	€ -80,00	-
Transportkosten/ton	€ - 7,00	€ -18,67	€ -153,85
Opbrengst/ton	-	-	€ 200,00
Saldo	-	€ -98,67	€ 46,15
Vershil per ton	-	-	€ 144,82
RIET	Compost	Compost	Biocomposiet
Droge stofgehalte	60%	80%	80%
Vochtgehalte	40%	20%	20%
Omrekenfactor	1,00	1,33	-
Storkosten/ton	€ -30,00	€ -40,00	-
Transportkosten/ton	€ -25,00	€ -33,33	€ -115,38
Opbrengst/ton	-	-	€ 300,00
Saldo	-	€ -73,33	€ 184,62
Vershil per ton	-	-	€ 257,95

Uit tabel 6 blijkt dat de opbrengst van de vezels ongeveer 200 à 300 euro per ton is. Dit geeft ook een indicatie voor de opbrengst van cellulose, omdat cellulose als kansrijke vezel uit dit onderzoek naar voren is gekomen. Een voorwaarde is dat dit maaisel voldoet aan de specificaties voor biocomposiet. De netto-opbrengst van riet is hoger dan die van gras. Dat komt met name doordat het transport in ronde balen goedkoper is dan het transport van los gestort

maaisel, waarbij ook veel lucht wordt getransporteerd. Daarnaast is riet als vezel constanter van kwaliteit, waardoor het momenteel meer geld oplevert.

### 5.2.1 POTENTIËLE KOSTENBESPARING

Tabel 7 geeft een indicatie van de jaarlijkse netto baten van riet.

TABEL 7 INDICATIE NETTO JAARLIJKSE NETTO BATEN VAN RIETVEZELS BIJ OPSCHALING VOOR EEN RIETLEVERENDE PARTIJ

Jaar	Benodigde natuurvezels in tonnen (80% ds)	Indicatie waardering riet (euro/ton)	Indicatieve waarde (euro)
2019	2,5	€ 258	€ 645
2020	25	€ 258	€ 6.450
2025	500	€ 258	€ 129.000

De financiële potentie van het gebruik van natuurvezels is hoog. Een kostenpost bij het maaien en afvoeren van maaisel kan worden omgebogen naar een opbrengst van ongeveer 145 tot 258 euro per ton op basis van 80% droge stof.

### 5.3 OPSCHALING

De mate waarin opschaling kan plaatsvinden hangt af van de volgende factoren:

- het aanbod en de kwaliteit van de natuurvezels
- de kwaliteit en de samenstelling van de natuurvezels
- de productiemogelijkheden
- de afname van de producten in de markt
- de eisen die aan de producten worden gesteld.

De markt heeft baat bij een constante aanvoer en kwaliteit van natuurvezels. Met name de aanbodkant van waterplanten en gras is niet stabiel en zeer afhankelijk van de plantensoorten, de weersomstandigheden en het moment van oogsten (vezelrijk of eiwitrijk). Het aanbod van cellulose en riet is redelijk stabiel.

Jaarlijks komt meer dan 500.000 ton aan waterplanten, natuurgrassen en riet vrij uit sloten en bermen bij de waterschappen. Natuurorganisaties hebben een vergelijkbare hoeveelheid beschikbaar. Verder wordt in Nederland per jaar zo'n 180.000 ton wc-papier gebruikt. In totaal is circa 400.000 ton vezels beschikbaar. De huidige vraag naar natuurvezels voor biocomposieten bedraagt ongeveer 2,5 ton. Dat kan worden uitgebreid naar circa 500 ton. Uit deze korte analyse volgt dat er veel meer vezels beschikbaar zijn dan nodig is voor de productie van biocomposieten. Naast deze nieuwe route zal er nog verder moeten worden gezocht naar andere toepassingen voor natuurvezels.

Bij gras en waterplanten is de kwaliteit een punt van aandacht. De vraag is of dit erg is voor een aantal producten. Het is denkbaar dat producten worden gemaakt met wisselende samenstellingen en kwaliteiten van vezels. Om deze vezels voor opschaling te kunnen inzetten is nog nader onderzoek nodig. Er is inzicht nodig in de variatie van de samenstelling van de vezels en wat dit betekent voor hun verwerking en voor de mechanische eigenschappen van het biocomposiet.

Voor riet geldt dat reeds een eerste stap naar opschaling heeft plaatsgevonden (zie § 5.4). De resultaten van dit onderzoek kunnen nog leiden tot aanpassingen van het productieproces.

De eigenschappen van rietcomposiet kunnen vooral nog verbeteren als de fijnheid van het riet wordt verhoogd (verhouding lengte over diameter).

Het recept met cellulose lijkt nu al goede resultaten op te leveren. Het is interessant om te onderzoeken of dit recept kan worden geoptimaliseerd. Daarbij kan het direct geschikt worden gemaakt voor grootschalige productie. Bij een opschalingsonderzoek wordt onder meer gekeken of mixen, kneden en persen in grotere volumens mogelijk is (onder andere homogeniteit), wat de kostprijzen worden en wat de marktpotentie is. Dat laatste is ook van belang, omdat de kosten voor een opschalingsonderzoek moeten worden gedekt.

Het opschalen van een nieuw recept vraagt om een apart onderzoek bij de productiepartner Lorenz in Duitsland. Het maken van een recept en een product op laboratoriumschaal geeft een goede indicatie van de (on)mogelijkheden, maar het moet worden getoetst alvorens het op productieschaal kan worden gemaakt.

Aan een dergelijk onderzoek zijn ook kosten verbonden. Dat maakt dat dit alleen interessant is als de resultaten zeer goed zijn, als er voldoende leveringszekerheid is van vezels met een constante kwaliteit en als de verwachting voor de afzetmarkt voor (eind)producten groot genoeg is.

Op dit moment is het verwijderen van zand bij natuurvezels lastig. Zand kan de mallen waarin het biocomposiet wordt gemaakt beschadigen. Voor producten waarbij de gladheid van het oppervlak niet zo belangrijk is (bijvoorbeeld bij beschoeiingsdelen) hoeft het zand geen probleem te zijn. De klant(combinatie) koopt dan zelf een mal van waaruit de producten met eigen natuurvezels worden gemaakt. De markt zal voor een belangrijk deel ook verder worden ontwikkeld door samenwerking met ketenpartners en launching customers. Verder is de ontwikkeling naar circulair en biobased inkopen gestart. De verwachting is dat dit in de toekomst zal leiden tot meer vraag naar producten van biocomposiet.

#### 5.4 PRODUCTEN VAN BIOCOMPOSIT

Waterbeheerders passen relatief veel materialen toe in de buitenlucht. Daarbij is het van belang dat de materialen voldoende vochtwerend zijn. De toepassing van biocomposiet is daarbij goed mogelijk. Meerdere producten zijn ontwikkeld uit biocomposiet of zitten in de testfase. Voorbeelden van toepassingen zijn buitenbanken, tafelbladen, verkeersborden, informatieborden, geveldelen, oeverbeschoeiing, stuwen en peilschalen.

FIGUUR 13 VERSCHILLENDE TOEPASSINGEN VAN BIOCOMPOSIT



Veel producten zijn inmiddels leverbaar en een aantal daarvan wordt zelfs al min of meer ontwikkeld in serieproductie. In 2019 worden de eerste grotere serieproducten op de markt verwacht voor de Cirsit buitenbank en de verkeers- en informatieborden. Eind mei 2019 weten we of de peilschalen in serie kunnen worden geproduceerd.

# 6

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 CONCLUSIES VOORBEWERKING

Het is mogelijk om met eenvoudige voorbewerkingstechnieken biomassastromen (BMS) waterplanten, riet en gras geschikt te maken voor biocomposiet. Aan het uitgangsmateriaal worden de volgende eisen gesteld: droog (zo droog mogelijk), zandvrij en een vezellengte van 3 tot 6 mm.

- Door goede zeeftechnieken (en de juiste verkleiningsmethode) kan een rendement worden gehaald van circa 75%.
- De inzameling van waterplanten vraagt aandacht in verband met de Flora- en faunawet, maar de gedragscode voor waterschappen biedt mogelijkheden om waterplanten toch snel te kunnen afvoeren.
- Als het eenmaal is gedroogd is het materiaal lang houdbaar (minimaal een jaar).
- Let op mogelijke risico's wat betreft de aanwezigheid van zware metalen in biomassa. Bij een overschrijding van normwaarden wordt afgeraden om biomassa te verwerken in biocomposiet.

### 6.2 CONCLUSIES OPTIMALISATIE VAN BIOCOMPOSITEN

- Het is mogelijk gebleken om vanuit 84% reststromen een volwaardig product te maken met mechanische eigenschappen die vergelijkbaar zijn met veel reguliere materialen zoals vurenhout en Trespa. Wel zijn er verschillen tussen de gebruikte vezels.
- De mechanische eigenschappen zijn na veroudering voldoende. Wel moet de slagvastheid worden verbeterd.
- De geteste recepten zijn nog gevoelig voor veroudering. Het lijkt erop dat vocht het grootste effect heeft op de achteruitgang van de mechanische eigenschappen. De invloed van vocht verminderen met bijvoorbeeld een andere voorbewerking of een coating is nog nodig.
- De mechanische eigenschappen van riet, gras en waterplanten laten in dit onderzoek een ander beeld zien dan de rietvezels die we vanuit de opgeschaalde productie in de praktijk tegenkomen.
- Biocomposiet van de cellulosevezel heeft de beste mechanische eigenschappen. Mogelijk komt dat door de structuur (lengte-breedteverhouding). Deze vezel biedt de hoogste potentie voor opschaling.
- De waterbeheerders staan voor de uitdaging om de kwaliteitsvraag bij natuurvezels verder in te vullen.

### 6.3 CONCLUSIES WAT BETREFT DUURZAAMHEID, KOSTEN EN OPSCHALING

- Het gebruik van natuurvezels heeft een hoge potentie om CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren. Met 1 ton rietmaaisel kan 2,7 ton CO<sub>2</sub> worden gereduceerd als de natuurvezel riet in composiet wordt toegepast en glasvezels vervangt (factor 1:2,7). Daarbij zijn de reductiemogelijkhe-

den met kalk uit drinkwater en met biohars nog niet meegenomen. Daarmee wordt het beeld nog veel gunstiger.

- De financiële potentie van het gebruik van natuurvezels is hoog. Een kostenpost bij het maaien en afvoeren van maaisel kan worden omgebogen naar een opbrengst van ongeveer 145 tot 258 euro per ton op basis van 80% droge stof.
- De opschaling van het gebruik van cellulose en riet is kansrijk. Behalve een constante kwaliteit van natuurvezels is daarvoor ook voldoende afname van producten noodzakelijk.
- Op dit moment zijn reeds diverse producten verkrijgbaar waarmee waterschappen duurzamer kunnen inkopen.

#### 6.4 AANBEVELINGEN

Jaarlijks is meer dan 400.000 ton natuurvezels beschikbaar. De huidige vraag naar natuurvezels voor biocomposieten bedraagt circa 2,5 ton. Dat kan worden uitgebreid naar circa 500 ton. Voor de productie van biocomposiet producten zijn veel meer vezels beschikbaar. Naast deze nieuwe route zal dus nog verder moeten worden gezocht naar andere toepassingen voor natuurvezels.

De voorbewerkingen waren gericht op het verkrijgen van kwaliteitseisen met eenvoudige voorbewerkingsstappen. De totale keten van oogsten, drogen en voorbewerken moet nog worden geoptimaliseerd.

- De capaciteit moet bij opschaling hoog genoeg worden. De route voor waterplanten en gras is nog onbekend.
- Schat de kans op de aanwezigheid van verontreinigingen goed in en voer een elementenscan uit.

Om de veroudering en slagvastheid te verbeteren van biocomposiet uit de geteste natuurvezels is nog vervolgonderzoek nodig. Veroudering door vocht kan mogelijk tegengegaan worden met de volgende maatregelen:

- Het gebruik van een ander type (bio)hars dat beter bestand is tegen vocht.
- Fijnere vezels gebruiken (lengte-breedteverhouding groter maken).
- Voor- en nabewerking van vezels om de opname van vocht verder te verlagen.

# 7

## LITERATUUR

2019, Circulaire biocomposieten, Deelrapport Voorbewering biomassa, Alice Fermont, Ernst Bontjes, Mark Nijman, Waternet

2016, Projectplan: Circulaire biocompositie – definitief 15 juni 2016”. Mark Nijman, Waternet

2016, Thijs Kool, Keten van biocomposieten, afstudeerscriptie TU Delft

2013, Handboek machines en werktuigen, voor oogst & logistiek in veengebied, Rolf Groot, Natuurlijk Advies

*NEN-EN-ISO 14125 – Bepaling van de buigeigenschappen van vezel versterkt kunststof composiet* op een 5kN Shimadzu AGS-X.

*EN-ISO 179-1 Plastics – Determination of Charpy impact properties* op een Anytester HY4251A

### WEBSITES

<https://www.msu.edu/~satis/CompositesA-final%20published.pdf>

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/Notitie%20Energie->

[CO2%20effecten%20elektriciteit%20Sept%202012.pdf](#)

**BIJLAGE 1**

# INFORMATIE OVER STERKTE, STIJFHEID EN ELASTICITEITSMODULUS

**HET VERSCHIL TUSSEN STERKTE EN STIJFHEID**

Twee termen waarvoor constructies altijd worden doorgerekend zijn sterkte en stijfheid. Stijfheid is van toepassing voor de gebruiksfase en betreft werkelijke belastingen. Het betreft een continu aanwezige belasting in combinatie met een variabele bewegingsbelasting. Op basis van die belasting wordt de mate van doorbuiging van de constructie bepaald. Dit is de mate van vervorming bij een bepaalde belasting met overspanning en dit wordt berekend tot op de millimeter.

Sterkte daarentegen vormt de uiterste grenstoestand, waarbij het materiaal ten opzichte van de vloeigrens wordt berekend. De belastingen worden met veiligheidsfactoren vermenigvuldigd, zodat een rekenbelasting op de constructie komt te staan. De resulterende dwarskrachten en momenten mogen daarbij niet de toelaatbare spanning van het materiaal overschrijden. Als daarvan wel sprake is, kan de constructie bezwijken.

**INVLOED VAN DE ELASTICITEITSMODULUS**

De manier waarop het materiaal reageert als gevolg van belasting of gewicht wordt aangegeven met de elasticiteitsmodulus. Het betreft de relatie tussen de mate van spanningstoename en de vervorming van het materiaal. Zolang het materiaal niet tot de vloeigrens wordt belast kan het weer de originele vorm aannemen zodra de belasting wegvalt. Wordt die grens overschreden dan kan het materiaal dermate veranderen dat het onomkeerbare vervormingen aanneemt. De elasticiteitsmodulus  $E$  geeft dus een rechtlijnige verhouding aan tussen vervorming en belasting tot het punt dat het materiaal gaat vloeien. Gaat men het materiaal verder belasten, dan breekt het.