

Ontwerpen met biobased plastics

unieke eigenschappen en inspirerende toepassingsmogelijkheden

Author(s)

Oskam, Inge; de Jong, Matthijs; Lepelaar, Mark; ten Kate, Rogier

Publication date

2015

Document Version

Final published version

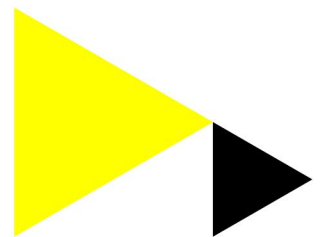
License

CC BY

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Oskam, I., de Jong, M., Lepelaar, M., & ten Kate, R. (2015). *Ontwerpen met biobased plastics: unieke eigenschappen en inspirerende toepassingsmogelijkheden*. (Publicatiereeks HvA Kenniscentrum Techniek; No. 8).

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please contact the library: <https://www.amsterdamuas.com/library/contact>, or send a letter to: University Library (Library of the University of Amsterdam and Amsterdam University of Applied Sciences), Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

KENNISCENTRUM TECHNIEK

ONTWERPEN MET BIOBASED PLASTICS

*UNIEKE EIGENSCHAPPEN EN
INSPIRERENDE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN*

Inge Oskam
Matthijs de Jong
Mark Lepelaar
Rogier ten Kate

ONTWERPEN MET BIOBASED PLASTICS

In deze reeks verschenen eerder:



01 Vertical farming
Technologie en innovatierichtingen voor de toekomst



02 Duurzaam bewaren
Simulatiemodel en technologieën voor energiesbesparing



03 Extreme neerslag
Anticiperen op extreme neerslag in de stad



04 Beter beheer met BIM
Van informatiemodel naar informatie-management



05 Het stedenbouwkundig bureau van de toekomst
Spin in het web



06 (Terug)schakelen naar ketendenken
Innovaties realiseren bij logistiek MKB in mainports



07 Maintaining your competitive edge
Planesense process improvement in aviation maintenance

PUBLICATIEREEKS HVA KENNISCENTRUM TECHNIEK

In deze publicatiereeks bundelt het Kenniscentrum Techniek van de Hogeschool van Amsterdam de resultaten van praktijkgericht onderzoek. De publicatie is gericht op professionals en ontsluit kennis en expertise die via praktijkgericht onderzoek van de HvA in de metropoolregio Amsterdam wordt verkregen. Deze publicatie geeft de lezer handvatten om tot verbetering en innovatie in de technische beroepspraktijk te komen.

Domein Techniek

Domein Techniek van de Hogeschool van Amsterdam is de grootste technische hbo van Nederland. Het domein bestaat uit acht zeer verschillende technische opleidingen met gevarieerde leerroutes en afstudeerrichtingen. Het palet aan opleidingen is zeer divers, van E-Technology tot Logistiek, van Bouwkunde tot Forensisch Onderzoek en van Maritiem Officier tot Aviation Studies.

Onderzoek bij domein Techniek

Onderzoek heeft een centrale plek bij domein Techniek. Dit onderzoek is geworteld in de beroepspraktijk en draagt bij aan de continue verbetering van de kwaliteit van het onderwijs en aan praktijkinnovaties. Het praktijkgericht onderzoek van de HvA heeft drie functies:

- Het ontwikkelen van kennis
- Ervoor zorgen dat (de ontwikkelde) kennis ten goede komt aan de beroepspraktijk en maatschappij
- Ervoor zorgen dat (de ontwikkelde) kennis doorwerkt in het onderwijs, inclusief de professionalisering van docenten

Domein Techniek kent 3 onderzoeksprogramma's die alle nauw gekoppeld zijn aan een deel van de opleidingen. De programma's zijn:

1. Aviation
2. Forensisch Onderzoek
3. Urban Technology

Het HvA-Kenniscentrum Techniek is dé plek waar de resultaten van het praktijkgericht onderzoek worden gebundeld en uitgewisseld.

Redactie

De publicatiereeks is uitgegeven door het HvA-kenniscentrum Techniek. De redactie bestaat uit lectoren en onderzoekers van het domein Techniek van de HvA, eventueel aangevuld met vertegenwoordigers van bedrijven en andere kennisinstellingen. De redactie verschilt per publicatie.

COLOFON

Uitgave:

Hogeschool van Amsterdam

Kenniscentrum Techniek

<http://www.hva.nl/kenniscentrum-dt/>

Onderzoeksprogramma Urban Technology

<http://www.hva.nl/urban-technology>

Deze publicatie is te downloaden als pdf: <http://www.biobasedplastics.nl>

Tekst:

Inge Oskam

Matthijs de Jong

Mark Lepelaar

Rogier ten Kate

Interviews, cases

Manouk van der Wal (HvA)

Mark Lepelaar (HvA)

Foto's

Raymond Astudillo (HvA)

Gabry Schager (HvA)

Eindredactie:

prachtig. Utrecht

Vormgeving en infographics:

Nynke Kuipers, www.elkedageentekening.nl

Drukwerk:

SDA Print+Media, Amsterdam

©Kenniscentrum Techniek, Hogeschool van Amsterdam, Juni 2015,

INHOUD

1	Inleiding	09
1.1	De doelgroep	09
1.2	Aanpak onderzoek	12
1.3	Leeswijzer	12
2	Toegevoegde waarde van biobased plastics	15
2.1	Wat zijn biobased plastics?	15
2.2	Wat betekent biodegradeerbaar?	19
2.3	Unieke eigenschappen	21
2.4	Eindelevensduurscenario's	22
3	Materiaalkeuze	27
3.1	Introductie keuzetool	28
3.2	Biobased en/of bio-afbreekbaar	31
3.3	Diverse functionele eigenschappen	32
3.4	Verkrijgbaarheid en prijs	34
3.5	Het antwoord, en nu?	38
4	Look & feel van biobased plastics	41
4.1	Zintuigen & perceptie	42
4.2	Ontwerpregels	44
4.3	Bijmengen natuurlijke (rest)stromen	45
5	Milieu-impact, kosten en baten	51
5.1	Kijken naar de gehele levensduur	52
5.2	Milieu-impact	53
5.3	Levenscycluskosten	55
5.4	Toegevoegde waarde	57
6	De weg naar productie	61
6.1	Experimenteren en prototypen	61
6.2	Optimaliseren van eigenschappen	64
6.3	Verwerkingstechnieken	64
6.4	Kansen in het verwerken van biobased plastics	66
7	De toekomst	71
7.1	De markt	71
7.2	De prijs	73
7.3	De eigenschappen	73
7.4	Nieuwe biobased kunststoffen en toepassingen	74
7.5	Bijdrage aan een biobased en circular economy	76
	Literatuurlijst	80
	Betrokken organisaties en personen	82
	Productvoorbeelden van biobased plastics	84



1 INLEIDING

Biobased plastics zijn kunststoffen gemaakt van hernieuwbare materialen. Het zijn relatief nieuwe kunststoffen die, omdat ze uitgaan van een onuitputtelijke bron met grondstoffen, in theorie tal van kansen bieden voor het vervaardigen van duurzame producten. In deze publicatie gaan we in op die kansen en belichten we uitdagingen waar ontwerpers en producenten voor staan bij het werken met biobased plastics. We presenteren praktische tools, geven inspirerende voorbeelden en bieden handreikingen die het werken met deze materialen gemakkelijker maken.

Deze publicatie is één van de resultaten van het onderzoeksproject van de Hogeschool van Amsterdam: *Design Challenges with Biobased Plastics*.

1.1 Doelgroep

Biobased plastics zijn als nieuwe categorie materialen nog volop in ontwikkeling. Dit betekent dat bestaande

ontwerp- en materiaalhandboeken er nog weinig tot geen informatie over bevatten. Met deze publicatie beogen we een deel van dit hiaat op te vullen. We richten ons daarbij primair op ontwerpers. Zij kunnen actief bijdragen aan de adoptie van biobased plastics, aangezien ze een belangrijke rol spelen bij het maken van de productmateriaalkeuzes.

Onder ontwerpers verstaan we in dit geval product-ontwerpers en industrieel ontwerpers, studenten van de diverse ontwerpopleidingen en anderen die betrokken zijn bij het ontwerp- en productieproces. Tot de doelgroep van deze publicatie behoren verder ook kunststofproducenten, kunststofverwerkers, ontwerp bureaus, marketeers, adviseurs en onderzoekers, op zoek naar informatie om biobased plastics op een goede manier in producten toe te passen.

RAAK-mkb project Design Challenges with Biobased Plastics

Aanleiding

Biobased plastics zijn nog volop in ontwikkeling (Shen, Worrell, & Patel, 2010). Ze hebben inmiddels de weg gevonden in toepassingen voor verpakkingen en wegwerpproducten (disposables), maar hoogwaardige (durable) toepassingen van biobased plastics zijn nog zeldzaam.

In het vinden van toepassingsmogelijkheden voor biobased plastics zijn grofweg twee strategieën te onderscheiden. De eerste is het vervangen van petrochemische kunststoffen door biobased varianten met precies dezelfde eigenschappen. We spreken dan van drop-ins zoals bio-PE en bio-PP. De tweede strategie maakt gebruik van de unieke eigenschappen van nieuwe biobased plastics, zoals PLA, TPS en PHA (Bolck, Ravenstijn, & Molenveld, 2012), waarmee nieuwe toepassingsmogelijkheden ontstaan.

Vooraf voor deze laatste strategie ontbreekt veelal toepassingsgerichte kennis, waardoor concrete toepassingen en adoptie door de markt op zich laten wachten (van Wijk, 2012).

Obstakels

Nieuwe materialen bieden nieuwe mogelijkheden om innovatieve producten te creëren, maar zoals het gezegde gaat: onbekend maakt onbemind. Ontwerpers en productproducenten zijn doorgaans onbekend met de unieke eigenschappen van (nieuwe) biobased plastics en de toepassingsmogelijkheden die ze bieden. Een obstakel vormt bijvoorbeeld het ontbreken van volledige en betrouwbare data over de materiaal- en verwerkingseigenschappen en milieuvoordelen van de nieuwe plastics. Dit kan ertoe leiden dat het product, als het al geproduceerd wordt, niet functioneert zoals bedoeld, of dat bij productie blijkt dat de gewenste productkwaliteit onhaalbaar is.

Uitvoering

Voor het onderzoeksprogramma Urban Technology was de bovenstaande achtergrond aanleiding om het onderzoeksproject *Design Challenges with Biobased Plastics* te starten. Een ruim twee jaar durend project (in de periode april 2013 tot juli 2015) uitgevoerd met behulp van een RAAK-mkb-subsidie van Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA. In dit project is nauw samengewerkt met vrijwel alle partijen uit de keten: met materiaalontwikkelaars en -leveranciers, met kunststofverwerkers en productproducenten, en met ontwerpers en eindgebruikers.

De onderzoekers en studenten van de HvA kregen daarbij ondersteuning van experts van de Technische Universiteit Delft, Wageningen UR en Partners for Innovation, een bureau gespecialiseerd in duurzame innovatie. Tot slot waren de Beroepsorganisatie Nederlandse Ontwerpers (BNO), Nederlandse Federatie Rubber- en Kunststofindustrie (NRK), Materia en de Kamer van Koophandel bij het project betrokken.

Doelstelling

De afgelopen jaren is door verschillende kennisinstellingen al veel onderzoek verricht naar de ontwikkeling van biobased plastics en naar het verbeteren van de eigenschappen ervan. *Design Challenges with Biobased Plastics* heeft zich op haar beurt gefocust op de toepassing van deze kunststoffen in hoogwaardige toepassingen. Het project concentreerde zich op het vergroten van ontwerpgerichte kennis, op het vertalen ervan naar praktische tools en op het creëren van toepassingsvoorbeelden.

Juist door cross-sectorale samenwerking – tussen maakindustrie én creatieve industrie – is het project erin geslaagd een aantal van de genoemde obstakels te verkleinen en daarmee de potentiële adoptie van biobased plastics in de markt te versnellen. Met de focus op durables (niet disposables) en op nieuwe biobased plastics met unieke eigenschappen (in plaats van drop-ins).

Resultaten

Naast onderhavige publicatie, heeft het project nog de volgende resultaten opgeleverd:

- Publicatie over 3D-printing met biomaterialen, geschreven in samenwerking met The Green Village TU Delft.
- Verschillende workshops, tentoonstellingen en seminars, waaronder een event tijdens de Dutch Design Week 2014, georganiseerd in samenwerking met DPI Value Centre.
- Creatie van een online keuzetool, voor hulp bij het kiezen van de juiste soort biobased plastic op basis van de producteisen.
- Creatie van een quick-scan concept, voor beoordeling van milieu-impact, kosten en toegevoegde waarde van biobased plastics.
- Ontwerp en realisatie van uiteenlopende concrete toepassingsvoorbeelden in samenwerking met het MKB.



1.2 Aanpak onderzoek

De toepassingsgerichte kennis in deze publicatie komt uit het RAAK-mkb-project *Design Challenges with Biobased Plastics* (zie kader). Het onderzoek was gebaseerd op de volgende drie pijlers.

1. Biobased kunststof zoekt toepassing

Bij deze pijler is het startpunt telkens een nieuwe biobased kunststof van een materiaalontwikkelaar of producent met als onderzoeksvragen: Wat zijn de (unieke) eigenschappen van het materiaal? In welke toepassingsgebieden en markten bieden deze eigenschappen meerwaarde? Wat voor producten kunnen we hiermee maken? Welke uitdagingen leveren deze op voor het ontwerpen en verwerken? Levert de toepassing een interessante business case en/of milieuvoordeel op?

Nieuwe biobased plastics die het project onder de loep nam kwamen van Plantics (spin-off van Universiteit van Amsterdam), NPSP, Natural Plastics, Synprodo, Starbucks en CoffeeBased. Per plastic bestond het onderzoek onder meer uit deskresearch, materiaal-onderzoeken, verwerkingsexperimenten, ontwerpen en het maken en testen van prototypes.

2. Toepassing zoekt biobased kunststof

In deze pijler vertrekt het onderzoek telkens vanuit de ontwerper, productproducent of eindgebruiker, met de vraag of een, en zo ja welke, biobased kunststof geschikt is voor de vervaardiging van een bestaand of nieuw product.

Onderzoeksvragen in dit geval zijn: Wat zijn de gewenste producteigenschappen? Aan welke eisen moet het materiaal in deze toepassing voldoen? Met welke verwerkingstechnieken is het product te maken? Welke biobased plastics komen in aanmerking? Wat betekent dit voor het productontwerp? En levert de toepassing een interessante business case en/of milieuvoordeel op?

Concrete cases kwamen o.a. van Boomkwekerij Ben Streng, Omefa, BioFutura, Arcazen, Bureau Nieuwbouw HvA, SLA architecten, DeNamen, Elstgeest, Botman Hydroponics en Youmanitas.

3. Ontwikkelen praktische tools

Met behulp van bovengenoemde cases zijn een aantal tools, regels en richtlijnen ontwikkeld en getoetst, die we in deze publicatie bespreken:

- Keuzetool om de keuze voor biobased plastics te vergemakkelijken;
- Quicksan, gebaseerd op LCA-methodiek, voor het beoordelen van milieu-impact, kostenvoor- delen en andere toegevoegde waardes;
- Ontwerpregels voor de look & feel van biobased plastic-producten;
- Richtlijnen voor verdere materiaalselectie, optimaliseren van eigenschappen en verwerking.

1.3 Leeswijzer

Deze publicatie is geen handboek dat ontwerpers aan de hand neemt om hele ontwerpprocessen te doorlopen. Wel bespreken we verschillende aspecten die van belang zijn bij het toepassen van biobased plastics. Lezers die zich voor het eerst in deze materie verdiepen, kunnen het beste beginnen met hoofdstuk 2 'Toegevoegde waarde van biobased plastics'. In dat hoofdstuk laten we zien wat we verstaan onder biobased plastics en hoe deze zich verhouden tot bestaande kunststoffen. In hoofdstuk 3 'Materiaal-keuze' behandelen we vervolgens hoe je als ontwerper kiest uit de verschillende materiaalopties en introduceren we een online keuzetool.

In de daaropvolgende hoofdstukken gaan we uitgebreid in op verschillende aspecten waar je als ontwerper rekening mee moet houden; bij het ontwerpen, bij het uitvoeren van experimenten en het maken van prototypes en bij het produceren. In hoofdstuk 4 'Look & feel van biobased plastics' gaan we bijvoorbeeld in op hoe je als ontwerper kunt laten zien dat je product gemaakt is van biobased plastics.

Hoofdstuk 5 'Milieu-impact, baten en kosten' behandelt verschillende tools om inzicht te krijgen in de milieuvoordelen van het toepassen van biobased plastics, mogelijke kostenvoordelen en andere vormen van toegevoegde waarde. In hoofdstuk 6

'De weg naar productie' gaan we in op het maken van prototypes, het optimaliseren van eigenschappen en andere aandachtspunten bij de verschillende mogelijke verwerkingstechnieken. In dit hoofdstuk besteden we ook speciale aandacht aan 3D-printen met biobased plastics.

Wil je direct inspiratie opdoen en aan de slag? Kijk dan naar de kaders die door de hoofdstukken heen geplaatst zijn. Hierin vind je verschillende voorbeelden van toepassingen en praktische, direct inzetbare tools.

Tot besluit laten we in hoofdstuk 7 'De toekomst' zien welke biobased plastic-ontwikkelingen nog te verwachten zijn en hoe je hiervan op de hoogte blijft.

Onderzoeksprogramma Urban Technology

Het RAAK-mkb-project *Design Challenges with Biobased Plastics* maakt deel uit van het onderzoeksprogramma Urban Technology, een samenvoeging van de onderzoeksprogramma's CleanTech, Logistiek en De Stad. Binnen Urban Technology werkt een mix van lectoren, hoofddocenten, docent-onderzoekers, promovendi, alumni en studenten aan concrete projecten met nieuwe technologieën.

De projecten moeten bijdragen aan een duurzame (sustainable), leefbare (liveable) en verbonden (connected) metropool en moeten ook daadwerkelijk realiseerbaar zijn in de 'proeftuin' Metropool Regio Amsterdam (MRA).

Urban Technology is één van de speerpunten van de Hogeschool van Amsterdam. Het is een onderzoeksprogramma waarin de faculteit Techniek samenwerkt met de faculteiten Economie & Management en Digitale Media & Creatieve Industrie.

Eén van de vier onderzoeksthema's van Urban Technology is Circular Design & Smart Production. Binnen dit thema onderzoeken de deelnemers hoe productiekringlopen sluitend te maken zijn en op welke schaal dit effectief is. Dit sluiten van kringlopen kan bijvoorbeeld door de inzet van hernieuwbare materialen, door de verschuiving van aanschaf naar gebruik en door hergebruik, recycling en upcycling.

Inge Oskam, lector Technisch Innoveren & Ondernemen, is verantwoordelijk voor het onderzoek rondom Circular Design, waarbij ze nauw samenwerkt met de studierichtingen Product Design (PD), Engineering Design & Innovation (EDI) en Technische Bedrijfskunde (TBK) van de bachelor Engineering.



2 TOEGEVOEGDE WAARDE VAN BIOBASED PLASTICS

Waarom zou ik als ontwerper biobased plastics willen toepassen? Om daar een antwoord op te geven is het belangrijk om eerst vast te stellen wat biobased plastics precies zijn. Om dezelfde reden staan we ook even stil bij andere begrippen, zoals biodegradeerbaarheid. Vervolgens gaan we in op welke onderscheidende eigenschappen biobased plastics zoal hebben en welke redenen er zijn om ze te gebruiken.

2.1 Wat zijn biobased plastics?

Wat zijn kunststoffen?

Kunststoffen (ook wel plastics of polymeren genoemd) zijn materialen die bestaan uit lange ketens van aan elkaar geknoopte moleculen.

De bouwstenen binnen die ketens noemen we monomeren. Als je de monomeren als kralen ziet, dan is het polymeer de ketting. De monomeren van verreweg de meeste kunststoffen zijn gemaakt uit aardolie. Het is echter ook mogelijk om monomeren te maken van materiaal uit herwinbare bronnen.

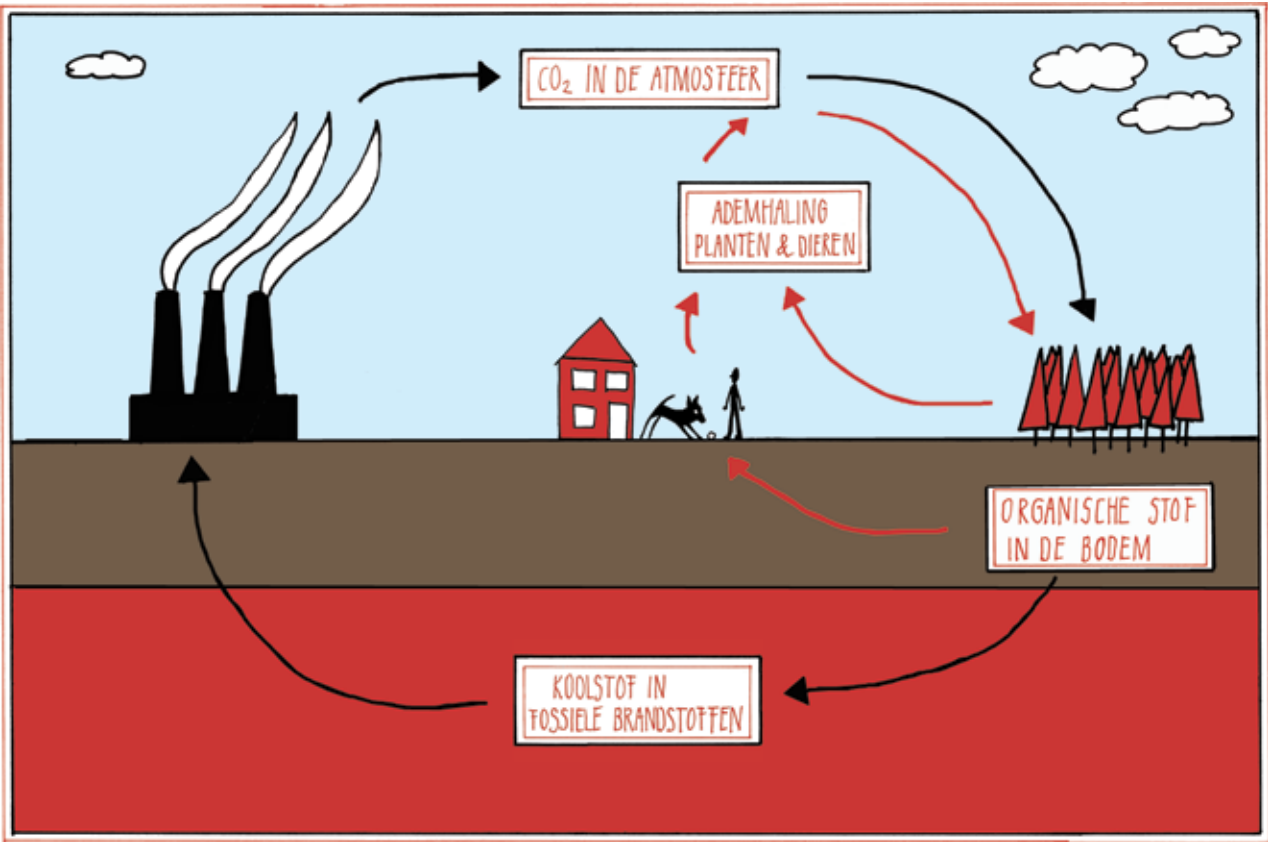
Er bestaan verschillende soorten kunststoffen: thermoplasten (kunnen weer gesmolten en dus gerecycled worden), thermoharders (kunstharsen) en elastomeren (rubbers). Omdat veel van de huidige beschikbare biobased plastics thermoplasten zijn, gaan we in deze publicatie niet verder in op thermoharders en elastomeren.

Thermoplasten zijn goed vervormbaar en zijn met de daarvoor ontwikkelde verwerkingstechnieken (korte cyclustijden) goedkoop in grote aantallen tot eind-producten te vormen. Denk aan verpakkingen, huishoudelijke artikelen, kleding- en sportartikelen, behuizingen van apparaten, auto-onderdelen en bouwmaterialen. Hiervoor zijn diverse verwerkings-technieken beschikbaar, zoals spuitgieten, vacuüm-vormen, blaasvormen, extruderen en rotatiegieten.

Kunststoffen zijn licht en zijn door vezels, vulmiddelen en additieven sterker, flexibeler of beter bestand tegen externe invloeden te maken.

Wat houdt biobased in?
'Biobased' betekent dat iets gemaakt is van natuurlijke, hernieuwbare grondstoffen zoals planten en gewassen. Bekende biobased materialen zijn hout en bamboe, en natuurlijke vezels zoals jute, vlas en katoen. De definitie van *biobased* plastics is dan ook *kunststoffen waarvan de grondstoffen afkomstig zijn uit natuurlijke, hernieuwbare bronnen*.

Waarbij het goed is om aan te tekenen dat olie als fossiele grondstof ook natuurlijk en hernieuwbaar is, maar dat dat hernieuwen miljoenen jaren duurt (zie figuur 2.1). Bij biobased plastics gaan we uit van bronmateriaal dat zich in beperkte tijd vernieuwt.



Figuur 2.1 De korte en de lange koolstofcyclus.

Een manier om biobased plastics te maken is door fermentatie van natuurlijke suikers uit maïs of suikerriet. Voorbeelden hiervan zijn furanen zoals PEF (Poly Ethyleen Furanoaat) en polymelkzuur (Poly Lactic Acid: PLA). PLA is op dit moment de meest toegepaste biobased kunststof. Als vezel vindt het, vanwege de goede vochtregulerende eigenschappen, veel toepassing in kleding en andere zachte producten zoals matrassen. Als kunststof is het vooral bekend als verpakkingsmateriaal voor voedingsmiddelen in de vorm van folies en bakjes. Daarnaast wordt het gebruikt voor disposables zoals wegwerpbestek en -servies. De biologische afbreekbaarheid van PLA is in alle genoemde voorbeelden een aantrekkelijke, functionele en tot in keuze voor het materiaal zelfs doorslaggevende eigenschap.

Biobased plastics zijn ook te maken op basis van natuurlijke polymeren, zoals zetmeel (uit maïs, aardappelen), cellulose (onderdeel van hout), caseïne (een melkeiwit) en chitine (het pantser van insecten). Een bekend voorbeeld hiervan is TPS (Thermo Plastic Starch), een op zetmeel gebaseerde kunststof, die vaak dienstdoet in de zakjes voor de groencontainer en in afbreekbare plantenpotjes.

Tot slot zijn er ook biobased plastics op basis van polymeren geproduceerd door micro-organismen, de zogenaamde polyhydroxyalkanoaten (PHA). De bekendste PHA is PHB, Poly Hydroxy Butyraat. PHA's zijn nog vrij kostbaar, waardoor ze buiten de farmaceutische en medische industrie nog weinig toepassingen kennen.

Waarom biobased?
Biobased plastics zijn momenteel nog duurder dan petrochemische kunststoffen. Dit komt door hogere grondstofprijzen, langere bewerkingstijden, het feit dat er vaak meer van nodig is en het feit dat er minder ervaring (en mede daardoor minder vraag vanuit de markt) mee is dan met conventionele plastics. Bovendien zijn de materialen en processen nog niet zo ver geoptimaliseerd als bij petrochemische kunststoffen. Toch zijn er meerdere redenen om als ontwerper wel gebruik te willen maken van kunststoffen uit natuurlijke, hernieuwbare grondstoffen:

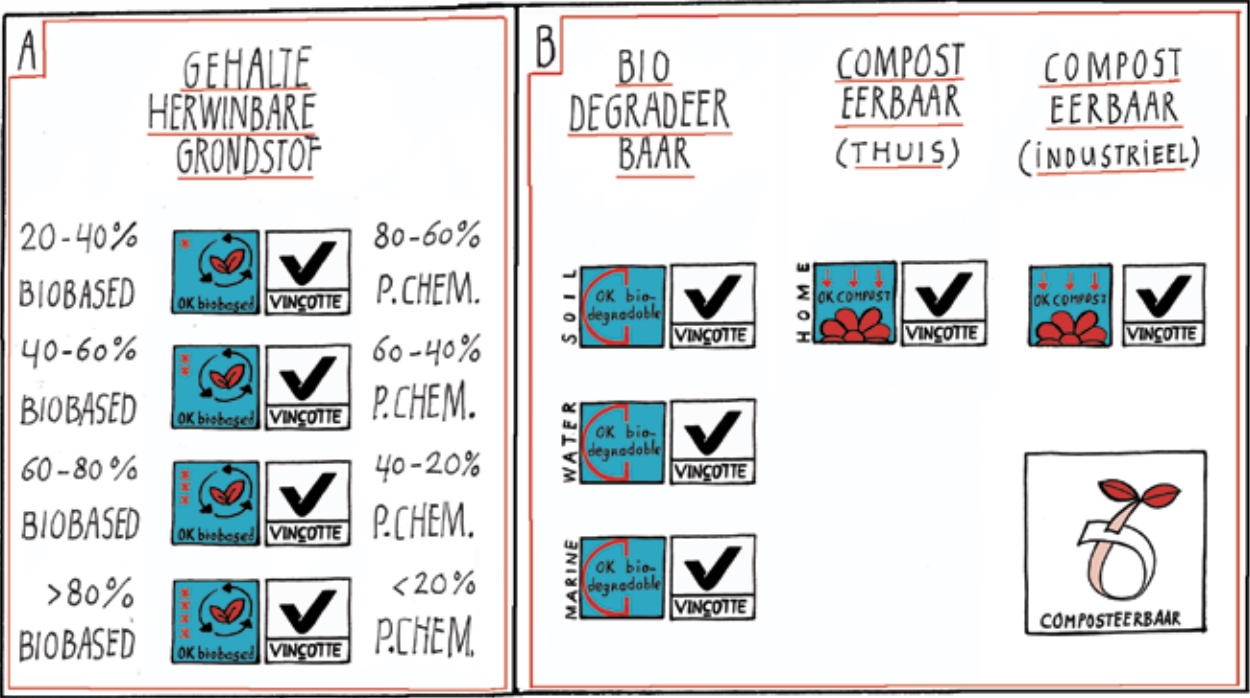
- Om minder afhankelijk te zijn van aardolie, dat op termijn schaarser en dus duurder wordt.

- Omdat het duurzamer is. De CO₂-emissie bij productie is 30-70% lager dan bij de productie van oliegebaseerde kunststoffen.
- Vanwege de afbreekbaarheid van sommige biobased plastics; wat zeker interessant is als bij bepaalde producten recycling onmogelijk, of te duur, is.
- Vanwege imago en consumentenbehoefte, mede gestuurd door toenemende bewustwording van de vervuulende werking van kunststof zwerfafval (neem de plastic soep).
- Omdat het afgedwongen wordt door groene wet- en regelgeving (denk aan de tasjes in Italiaanse supermarkten die verplicht biobased zijn).
- Vanwege andere specifieke eigenschappen van sommige biobased plastics, denk aan betere barrière-eigenschappen (zie hoofdstuk 3.3), geen overdracht van chemische stoffen aan langstromend water (leaching), minder toxisch, etc.

Belangrijk aandachtspunt bij de productie van biobased plastics is dat de grondstoffen duurzaam geteeld moeten worden (dus bijvoorbeeld zonder chemicaliën en met zo weinig mogelijk energie en water) en geen invloed mogen hebben op de voedselvoorziening (Alvarez-Chavez, 2013). Voor de productie van biobased plastics wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van afvalstromen die ontstaan bij onze voedselproductie.

Gehalte biobased
Op dit moment is helaas geen enkele biobased plastic die commercieel verkrijgbaar of in ontwikkeling is, volledig duurzaam (Alvarez-Chavez e.e., 2013). Dit komt bijvoorbeeld door chemicaliën die nu nog bij de productie worden gebruikt of door het gebruik van additieven die nog niet biobased zijn.

Het is (nog) niet altijd mogelijk om een materiaal met de gewenste eigenschappen 100% van biobased grondstoffen te maken. Om aan te geven in welke mate een materiaal of product biobased is, kan het gehalte aan herwinbare grondstoffen met een keurmerk op het product worden aangegeven (zie figuur 2.2A). Omdat aan de aanvraag van een dergelijk keurmerk kosten verbonden zijn, hebben niet alle biobased producten dit keurmerk.



Figuur 2.2 Keurmerken voor (A) gehalte herwinbare grondstof en (B) vormen van biodegradeerbaarheid.

2.2 Wat betekent biodegradeerbaar?

Wat is biodegradeerbaarheid?

Degradatie is een proces waarbij de oorspronkelijke eigenschappen van een materiaal geleidelijk verloren gaan. De sterkte vermindert, het materiaal verhardt, verweekt of verkleeft of de kleur verandert bijvoorbeeld. Dit proces vindt plaats onder invloed van mechanische impact of door bijvoorbeeld warmte, UV-straling of blootstelling aan zuurstof (corrosie).

Biologische degradatie of biodegradatie is degradatie van een materiaal gekatalyseerd door biologische activiteit. Dit houdt in dat het materiaal door middel van micro-organismen, zoals bacteriën of schimmels, afbreekt tot natuurlijke gassen (onder andere CO₂), water en mineralen. Biodegradatie is zelden 100% volledig. De mate waarin een materiaal degradeert en de snelheid¹ waarmee dit gebeurt, hangt af van de omgeving en de wijze waarop degradatie plaatsvindt:

- in de bodem (soil burial): tuinaarde, bosgrond, klei, zand;
- door – of in – zoet of zout water;
- door vergisting (anaeroob proces);
- door compostering thuis (bij een relatief lage temperatuur, met niet altijd de juiste of meest optimale micro-organismen);
- door industriële compostering (met een gecontroleerde relatief hoge temperatuur en aanwezigheid van specifieke micro-organismen).

De logo's waarmee de wijze van biodegradatie op producten weer te geven zijn, staan in figuur 2.2.B.

Overigens is biodegradeerbaarheid niet hetzelfde als oxo-degradeerbaarheid en/of oplosbaarheid! Wanneer een kunststof oxo-degradeerbaar is, betekent dit dat aan het materiaal additieven zijn toegevoegd die ervoor zorgen dat het product onder invloed van UV of zuurstof in microscopisch kleine stukjes uiteenvalt. Het materiaal is dan nog wel aanwezig, maar in de vorm van microplastics, dus onzichtbaar klein. Het is daardoor in principe zelfs schadelijker dan het uitgangsmateriaal. Het draagt immers bij aan de 'plastic soep' in de oceanen, maar is niet meer te verzamelen en op te ruimen.

Als een materiaal echt oplost, verliest het de samenhang tussen de moleculen. Afhankelijk van het soort oplosmiddel is dan sprake van een oplossing of een emulsie en zijn er geen deeltjes meer zichtbaar.

Wanneer wil je biodegradeerbaarheid?

Er kunnen verschillende redenen zijn om een biodegradeerbaar product te wensen:

Functioneel voordeel of vereiste: denk aan de zak voor de groenafvalcontainer of de onderdelen van het boomankersysteem van Natural Plastics (zie kader pagina 25) die biodegradeerbaar moeten zijn.

Wettelijk vereiste: Italiaanse supermarkten zijn verplicht gesteld om alleen nog maar plastic zakjes van biobased grondstoffen te gebruiken.

Recycling onmogelijk of te duur: denk aan landbouwtoepassingen als landbouwplastic of aan kratten voor het herstellen van mosselbedden.

Beste prijs/prestatie-verhouding: zoals bij PLA-vezels voor kleding, die behalve licht en comfortabel ook biodegradeerbaar zijn.

NB: Een veelvoorkomende misvatting is dat alle biobased plastics ook biodegradeerbaar zijn. Zoals dit hoofdstuk betoogt, is dat niet zonder meer het geval; sterker nog de meeste biobased plastics zijn niet biodegradeerbaar.

1. De snelheid waarmee een materiaal afbreekt is mede afhankelijk van de vorm (en dikte) waarin het materiaal wordt toegepast in een product.

Bioplastics versus biobased plastics en/of biodegradable plastics

Bioplastics, biobased plastics en biodegradable plastics. Het zijn termen die verwarrend veel op elkaar lijken, maar verschillende interpretaties kennen.

Biobased plastics slaan op kunststoffen gemaakt van hernieuwbare grondstoffen, deze zijn niet per definitie biodegradable. Bioplastics is een term die gebruikt wordt voor kunststoffen die (gedeeltelijk) biobased zijn en/of voor kunststoffen die biodegradable zijn (ook als die laatstgenoemde kunststoffen niet biobased zijn). Een voorbeeld is PBAT (Poly Butyleen Adipaat Tereftalaat, ook wel bekend onder de merknaam Ecoflex). Een 100% petrochemisch plastic dat industrieel composteerbaar is. Deze kunststof biedt weliswaar biodegradable voordelen in de afvalfase, maar is dus niet biobased!

Kort samengevat is Bioplastics een verzamelnaam waaronder we meerdere groepen kunststoffen verstaan (zie de blauwe vlakken in figuur 2.3):

- biobased én biodegradeerbaar: denk aan PHA en PLA (rechtsboven in de figuur).
- biobased, maar niet biodegradeerbaar: zoals bio-PP en bio-PE (linksboven).
- biodegradeerbaar, maar niet biobased; neem het 100% petrochemische PBAT (rechtsonder).



Figuur 2.3 Bioplastics: biobased en/of biodegradeerbaar.

2.3 Unieke eigenschappen

Verschillende kunststoffen hebben verschillende eigenschappen. Een vlieger die zowel opgaat voor oliegebaseerde kunststoffen, als voor biobased plastics.

Identieke eigenschappen bij drop-ins
Zoals eerder aangegeven zijn er voor sommige oliegebaseerde kunststoffen biobased alternatieven verkrijgbaar die chemisch identiek zijn, exact dezelfde eigenschappen hebben en daardoor één-op-één vervanging bieden. Helaas zijn deze zogeheten drop-ins voorlopig nog duurder dan hun oliegebaseerde equivalenten, waardoor ze nog maar beperkt toepassing vinden. Terwijl er al de nodige serviezen van bio-PE op de markt zijn die hun potentiële waarde onderschrijven.

Specifieke unieke eigenschappen
Naast drop-ins kennen we andere biobased plastics die specifieke nieuwe toepassingsmogelijkheden bieden. Afgezien van de biologische afbreekbaarheid in verschillende milieu's zijn dit bijvoorbeeld betere barrière-eigenschappen (denk aan PEF, zie verder hoofdstuk 3.3), effectievere antimicrobiële werking, hogere maximale gebruikstemperatuur (HDT) of een lagere smelttemperatuur in combinatie met een hoge sterkte (PLA in 3D-printers).

Verbeteren van eigenschappen
De eigenschappen van biobased plastics kun je, net zoals bij de oliegebaseerde kunststoffen, beïnvloeden door ze te mengen:

1. met elkaar
2. met additieven
3. met andere materialen

Ad 1. Mengen met elkaar
Mengen levert een zogeheten 'blend' op. Met uiteenlopende voordelen. Zo wordt het sterke, maar wat minder taaie PLA gemengd met het goedkopere TPS en het wat taaiere PBAT om een biobased plastic te krijgen dat zich gedraagt als Polystyreen (PS).

Ad 2. Mengen met additieven
Additieven zijn stoffen die materiaaleigenschappen verbeteren en die je niet meer herkenbaar terugvindt in het eindproduct. Het optimaliseren van de eigenschappen van kunststoffen door het toevoegen van additieven heet 'compounderen'. Een commercieel verkrijgbare, geoptimaliseerde vorm van een kunststof wordt een 'grade' genoemd. Een voorbeeld van een eigenschap die je kunt verbeteren met additieven is de verwerkbaarheid van het materiaal (zoals het beter lossen uit de spuitgietmatrijs). Ook zijn fysische, mechanische of uiterlijke eigenschappen te verbeteren door respectievelijk weekmakers, stabilisatoren en kleurstoffen toe te voegen. Helaas zijn nog niet voor alle gewenste additieven biobased alternatieven beschikbaar.

Ad 3. Mengen met andere materialen
Als het toe te voegen materiaal herkenbaar blijft in het eindproduct en het geheel uiteindelijk betere eigenschappen heeft dan de uitgangsstoffen, spreek je van een 'composiet'. Zoals bijvoorbeeld Nature Based Composites, merknaam Nabasco, van de firma NPSP.

Door aan biobased plastics (bij voorkeur natuurlijke) vezels toe te voegen, is het materiaal te versterken en/of te voorzien van een andere look & feel. Interessante combinaties zijn het vermengen van biobased plastics met hout, bamboe, kurk, textiele reststromen of leerresten. Waarmee naast mechanische eigenschappen als sterkte en stijfheid ook eigenschappen als demping van geluid en trillingen, uitstraling, esthetiek en gevoel te beïnvloeden zijn. Met leerresten gevuld PLA voelt en ruikt als leer; met als bijkomend voordeel dat 'lederen' producten voortaan ook via het spuitgietproces te produceren zijn. Ideaal voor de afwerking van bijvoorbeeld armleggers van stoelen of de knop van een versnellingspook.

Coca-cola fles van PEF

Coca-Cola brengt sinds kort de plant-bottle op de markt. Op basis van een nieuw polyester, dat gemaakt is door 2 verschillende monomeren, om en om, aan elkaar te knopen. Dit zijn ethyleenglycol en tereftaalzuur. In het materiaal van de plant-bottle is de ethyleenglycol van natuurlijke oorsprong, de tereftaalzuur is nog oliegebaseerd. Omdat ethyleenglycol veel lichter is dan tereftaalzuur, is vooralsnog pas 22% van het plant-bottle PET biobased. Maar het begin is er en het resultaat is identiek aan het traditionele PET, waardoor het zonder problemen mee kan met de bestaande PET-flessen recycling!

Momenteel werkt het Nederlandse bedrijf Avantium aan de ontwikkeling van een fles gemaakt van Poly Ethyleen Furanoaat (PEF). Op basis van de monomeren ethyleenglycol en furaanzuur. Omdat furaanzuur te maken is uit materiaal van natuurlijke oorsprong, is PEF wél 100% biobased. Bovendien heeft PEF de eigenschap om de koolzuur uit de Cola beter in de fles te houden, waardoor minder materiaal nodig is en de PEF-flessen straks lichter zijn dan de bestaande PET-flessen.

2.4 Eindelevensduurscenario's

Wie biobased plastics wil gebruiken met oog voor het milieu, moet rekening houden met de gehele levensduur van het materiaal. Met speciale aandacht voor het feit dat niet alle materialen precies in de gewenste afvalverwerkingsmethode belanden en dat ze niet allemaal even soepel te verwerken zijn.

Er zijn globaal vijf EindeLevensduurScenario's (ELS) voor biobased plastics (Thielen, 2012). Deze zijn, in afnemende mate van wenselijkheid:

- 1. *Hergebruiken*
(eventueel na schoonmaken)
- 2. *Recyclen*
(het materiaal mechanisch of chemisch recyclen naar plastic korrels of building blocks)
- 3. *Composteren*
(industrieel/thuis)
- 4. *Energie terugwinnen*
(vergisten tot biogas en dit verbranden of de kunststof direct verbranden: 'thermische recycling')
- 5. *Storten*
(landfill, verspilling van grondstoffen)

- Ad 1. Hergebruik*
Het heeft altijd de voorkeur om aan een schijnbaar einde van een levensfase het product nog een keer te gebruiken. Een plastic flesje opnieuw met water vullen, is beter dan het weg te gooien.
- Ad 2. Recycling*
Recycling draait om het afbreken van het materiaal tot grondstoffen waarvan weer nieuwe producten te maken zijn. Bij mechanische recycling wordt het ingezamelde en op kunststofsoort gesorteerde product gereinigd, versnipperd of vernalen en opnieuw aangeboden op de markt als thermoplast. Bij chemische recycling wordt het product afgebroken tot op het niveau van de monomeren. Deze zijn dan door de chemische industrie opnieuw te gebruiken als grondstof.
- Op dit moment is het aandeel biobased plastics nog erg klein en kunnen de kunststofafvalverwerkers het nog niet sorteren en apart houden. Zo kan het gebeuren dat bepaalde soorten biobased plastics het recycleat van synthetische kunststoffen vervuilen en het minder goed bruikbaar maken. Dit geldt overigens niet voor de zogenaamde drop-ins (biobased plastics met chemisch dezelfde structuur en eigenschappen als hun synthetische evenknie, bijvoorbeeld bio-PP). Als in de toekomst het aandeel biobased plastics groeit, zullen de afvalverwerkers hopelijk ook de biobased plastics gaan sorteren voor recycling. Nu kiezen de kunststofafval-



Biodegradeerbare schoenen van OAT shoes
Fotografie Marielle van Leewen

verwerkers nog voor de veilige weg: bij twijfel wordt de afvalstroom verbrand in plaats van herverwerkt

Ad 3. Composteren
Een aantal biobased plastics is composteerbaar. In de composthoop breken die af tot water, CO₂ en mineralen. Een klein deel van de plastics is ook thuis goed te composteren, maar het leeuwendeel is alleen in een industriële installatie te verwerken. Hierin kunnen geconditioneerde omstandigheden worden gerealiseerd, zoals bijvoorbeeld een vrij hoge en constante temperatuur (ca. 60 °C). Met als doelstelling om de plastics binnen een bepaalde periode (zo'n 8 weken) ook daadwerkelijk afgebroken te hebben. De composteerdur is ook afhankelijk van de productgeometrie en niet alleen van het materiaal: hele dikke producten hebben langer nodig dan hele dunne. Per product beoordelen composteerdurs dan ook of het in hun optiek industrieel composteerbaar is.

Een ander aandachtspunt is dat de composteerdurs lang niet altijd in staat of toegerust zijn om de verschillende kunststoffen te onderscheiden. In die gevallen verwijderen ze zekerheidshalve alle kunststoffen uit de aangevoerde afvalstroom. En komt de biodegradeerbare eigenschap van de betreffende plastics alsnog niet tot zijn recht.

Net als bij verbranding (thermisch recyclen), komt er bij composteren CO₂ en water vrij. Alleen zullen bij composteren het water en de vrijgekomen mineralen



nog een bijdrage leveren aan de compost.

Ad 4. Energie terugwinnen
Door biobased plastics te verbranden, wek je energie uit biomassa op. Het materiaal gaat dan verloren, maar er wordt een product verkregen waar vraag naar is: groene stroom. Ook sluit je er de CO₂-kringloop mee: de CO₂ die vrijkomt bij verbranding is tenslotte weer door groene planten opneembaar in het fotosyntheseprocess. (Zie figuur 2.1)

Ad 5. Storten
Het storten van afval is in de EU niet meer toegestaan. Helaas bestaat het verschijnsel 'zwerfvuil' nog wel. Mochten er langs die weg biobased plastics in het milieu terecht komen, dan zullen de biologisch afbreekbare varianten daarvan logischerwijs de minste schade aanrichten.

Op productniveau is het denkbaar dat gemeenten in de toekomst het biobased plastic afval apart inzamelen. Wellicht via een statiegeldregeling, die dan ook kan gelden voor producten een met lage toegevoegde waarde (zoals verpakkingen), waarop al steeds vaker met een keurmerk is aangegeven of ze composteerbaar zijn.

De milieuwinst van biobased plastics is in elk scenario uiteindelijk om de CO₂-kringloop te sluiten en, doordat je werkt met hernieuwbare grondstoffen, de aarde niet verder uit te putten. Waarbij geldt: hoe langer de keten, hoe lager de milieubelasting.

Interview met ontwerper Remco van der Leij

Remco van der Leij is een ondernemende ontwerper en directeur van Zuperzozial, een merk serviesgoed dat breed in de (Nederlandse) markt te verkrijgen is met meerdere biobased collecties.

Zo is er de Raw Earth-collectie die grotendeels biobased en afbreekbaar is. Deze bestaat onder meer uit bamboevezel, maismeel, pigment en een (synthetische) binder; geproduceerd in China. Eerder lanceerde Zuperzozial al de Just Sugar-collectie die uit 100% biobased PLA bestaat. Reden om met biobased plastic producten te werken is tweeledig: enerzijds is het een persoonlijke motivatie van Remco om de natuur te willen ontzien, anderzijds ziet hij ook marktpotentieel.

De doelgroep van Zuperzozial bestaat vooral uit middelbaar en hoger opgeleide vrouwen met budget voor designserviesgoed. Een doelgroep waar de Raw Earth-collectie met zijn natuurlijke uitstraling het meest bij in de smaak valt, wat reden is om deze lijn continu uit te breiden. De Just Sugar-collectie heeft een hoger aandeel biobased, maar een sterkere kunststofuitstraling die minder aansprekend blijkt.

De look & feel van de Raw Earth-collectie is in de loop van de tijd wat gladder en egaler geworden. Daardoor komt het, ondanks wat minder natuurlijk, wel kwalitatief hoogwaardiger over. Als gezegd blijft Zuperzozial de collectie doorontwikkelen: op dit moment experimenteren de ontwerpers met bedrukking en de combinatie met andere materialen als bamboe hout en siliconen.



Just Sugar collectie van Zuperzozial
(<http://www.zuperzozial.nl>)

Eco keeper van Natural Plastics

Gemeenten en andere organisaties planten jonge bomen doorgaans aan met een steunpaal naast de stam voor extra stevigheid. Dit betekent gebruik van hout, conserveringsmiddel, rubberband en spijkers. Vervolgens moet er na enige tijd iemand langskomen om de rubberband ruimer te stellen, en moet iemand na nog langere tijd de steunpaal met rubberband verwijderen en afvoeren.

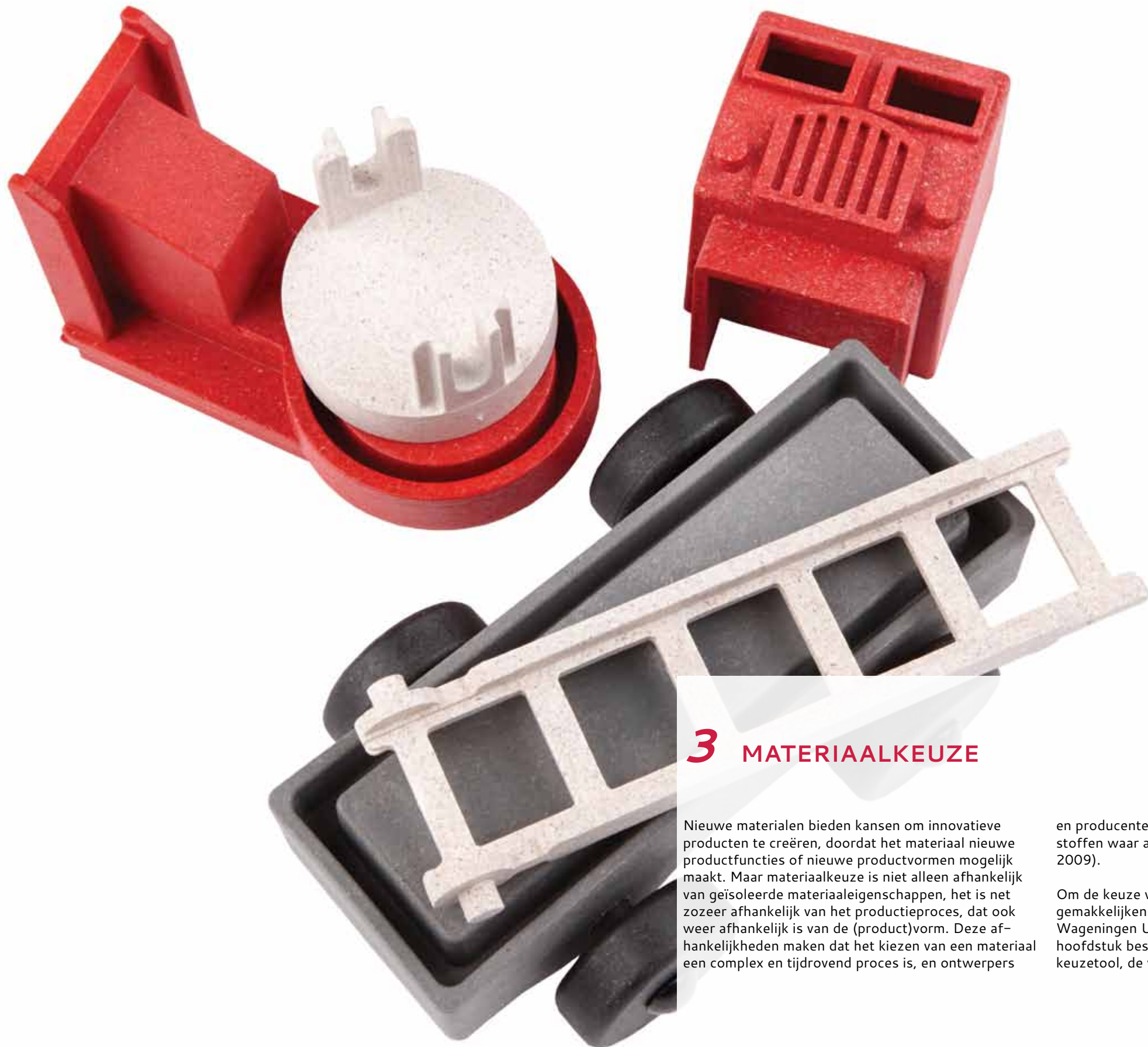
Al dit materiaalverbruik en bijbehorende werkzaamheden zijn mogelijk te reduceren door toepassing van 'Eco Keeper', een systeem van Natural Plastics. Een gepatenteerd product voor het ondergronds verankeren van bomen.

Het bestaat uit bio-afbreekbare ondergrondse ankers, die met bio-afbreekbaar touw het jonge boompje verankeren. In de loop van de tijd vergaan zowel de ankers als het touw. Het boompje is dan stevig geworteld en alle nazorg is niet meer nodig.

Bron: <http://www.naturalplastics.nl>



Boomanker.



3 MATERIAALKEUZE

Nieuwe materialen bieden kansen om innovatieve producten te creëren, doordat het materiaal nieuwe productfuncties of nieuwe productvormen mogelijk maakt. Maar materiaalkeuze is niet alleen afhankelijk van geïsoleerde materiaaleigenschappen, het is net zozeer afhankelijk van het productieproces, dat ook weer afhankelijk is van de (product)vorm. Deze afhankelijkheden maken dat het kiezen van een materiaal een complex en tijdrovend proces is, en ontwerpers

en producenten daarom vaak teruggrijpen op kunststoffen waar al ervaring mee is (Ashby & Johnson, 2009).

Om de keuze voor biobased kunststoffen te vergemakkelijken heeft de HvA in samenwerking met Wageningen UR een keuzetool ontwikkeld. In dit hoofdstuk bespreken we de uitgangspunten van die keuzetool, de vragen erbij en de mogelijke uitkomsten.

Keuzetool Bioplastics4U

De keuzetool Bioplastics4U, met gebruiksinstructie en handige invultabellen voor beoogde producten, is te downloaden via www.biobasedplastics.nl. Hier is ook een overzicht te vinden met de ordegroottes van de verschillende eigenschappen van de beschouwde bioplastics, en de bijbehorende bronnen. Later komt er ook nog een digitale versie van de tool beschikbaar.

3.1 Introductie keuzetool

De keuzetool is een hulpmiddel om materiaalopties voor een specifieke toepassing onder de loep te nemen en te bepalen welke nader onderzoek waard zijn. De keuzetool is gebaseerd op de gewenste eigenschappen voor het product. Aan de hand van 11 vragen over de gewenste functionaliteit van het product bepaalt de tool welke van de 10 biobased en/of biodegradeerbare plastics mogelijk geschikt zijn.

10 bioplastics

In de keuzetool zijn de negen bekendste biobased plastics opgenomen, en PBAT, een kunststof gebaseerd op aardolie. Reden om PBAT op te nemen is dat het wel biodegradeerbaar is, en een interessant materiaal is om door bijmenging tot de gewenste eigenschappen te komen (zolang er nog geen volledig biobased alternatieven zijn).

Van de bioplastics zijn vele soorten en grades met verschillende additieven beschikbaar. Maar om de keuzetool zo laagdrempelig mogelijk te houden, is uitgegaan van een beperkte keuze uit de standaard grades bioplastics. Deze zijn in tabel 3.1 weergegeven, inclusief toepassingsvoorbeelden en bekende petrochemische kunststoffen waarmee ze te vergelijken zijn.

Nadat de keuzetool inzicht heeft verschaft in welke bioplastics een optie zijn voor de gewenste toepassing, is nog een optimalisatie/specificering van de juiste grade met de juiste additieven en procesomstandigheden nodig. Ook kan een blend/combinatie van twee of meerdere bioplastics nodig zijn om te komen tot het gewenste, specifieke product.

AFKORTING	VOLLEDIGE NAAM	TOEPASSINGSVOORBEELDEN	GEDRAAGT ZICH ALS ¹⁾
PLA	POLY-LACTIC ACID, POLYMELKZUUR	VERPAKKINGEN T-SHIRTS	VAN PS (POLYSTYREEN) TOT PET
PHA	POLY-HYDROXY-ALKANOATEN (MEEST BEKENDE IS PHB POLY-HYDROXY-BUTYRAAT)	SHAMPOOTLESSEN WEGWERPARTIKELEN	VAN PE (ZACHT) TOT PP (HARD)
TPS	THERMOPLASTIC STARCH, THERMOPLASTISCH ZETMEEL	LOOSE-FILL SCHUIMEN DRAAGTASSEN	VAN LDPE TOT PS AFHANKELIJK VAN BLEND
CA	CELLULOSE-ACETAAT (SOMS GEMENGD MET CDA EN/OF CTA) ³⁾	TEXTIEL HANDVATTEN	PC (POLYCARBONAAT)
PA-II	POLY-AMIDE-II, NYLON-II	HYDRAULISCHE LEIDINGEN KABELS	PP (HARD)
PET	POLY-ETHYLEEN TEREFTHAAT	VERPAKKINGEN FLESSEN	PET
bioPET	BIO-POLY-ETHYLEEN-TEREFTHAAT	ALS PET (POLYESTER) COCA-COLA PLANT BOTTLE (22% BIOBASED)	PET
bioPE	BIO-POLY-ETHYLEEN	ALS PE	PE
bioPP	BIO-POLY-PROPYLEEN	ALS PP	PP
PBAT ²⁾	POLY-BUTYLEEN-ADIPAAT-TEREFTHAAT	VUILNISZAKKEN WEGWERPARTIKELEN	VAN PE (ZACHT) TOT LDPE

1) Gedrag tijdens verwerking. Bron: Gerard Schennink, WUR, 2015.
2) Ook bekend als 'Ecoflex', een BASF-merknaam van een oliegebaseerd polyester, dat 100% afbreekbaar is.
3) CDA: Cellulose Di Actaat, CTA: Cellulose Tri Acetaat.

Tabel 3.1 Overzicht van biobased en/of biodegradeerbare plastics in de keuzetool.

11 onderscheidende eigenschappen

De keuzetool maakt gebruik van 11 onderscheidende eigenschappen op basis waarvan het bekijkt welke kunststoffen het best bij een geselecteerde toepassing passen. In tabel 3.2 zijn deze 11 eigenschappen

weergegeven, met de mogelijke eisen die ze aan het materiaal stellen. Speciale aandacht voor welke eigenschappen een eis en welke een wens zijn, beperkt of vergroot de mogelijke opties voor toepassing van de nader te bestuderen bioplastic.

	EIGENSCHAP	MOGELIJKE EISEN				
1	% BIOBASED	100%	GEDEELTELIJK	0%		N.V.T.
2	BIODEGRADEER- BAARHEID	NIET	COMPOSTEERBAAR	IN GROND	IN WATER	N.V.T.
3	TEMPERATUUR VORMVASTHEID	<60%	60-100°C	>100°C		N.V.T.
4	TRANSPARANTIE	0%	OPAQUE	100%		N.V.T.
5	OPLOSBAARHEID	WATERRESISTENT	WATEROPLOSBAAR			N.V.T.
6	BARRIERE	WATERDAMP	O ₂	CO ₂	UV	N.V.T.
7	TAAIHEID	TAAI	MINDER TAAI			N.V.T.
8	STIJFHEID	STIJF	MINDER STIJF			N.V.T.
9	STERKTE	STERK	MINDER STERK			N.V.T.
10	LEVENSTASE	RESEARCH	ONTWIKKELING	GROEI	VOLWASSEN	N.V.T.
11	MATERIAALKOSTEN	<2€/KG	2-5€/KG	>5€/KG		N.V.T.

Tabel 3.2 Overzicht van de eigenschappen die uitgangspunt zijn in de keuzetool.

Een materiaal is:

- 'taai' als scheuren geen breuken worden en er een grote rek kan optreden voor breuk;
- 'stijf' als het niet snel elastisch vervormt;
- 'sterk' als het veel druk of trek kan verdragen.

Materiaalkundigen spreken ook wel van de combinaties: 'taai en bros', 'stijf en slap', 'sterk en zwak'. Omdat de begrippen 'bros', 'slap' en 'zwak' voor sommigen een te negatieve connotatie hebben, kiezen we in benaming voor 'minder taai', 'minder stijf' en 'minder sterk'.

Overige selectiecriteria

Met de 11 vragen zijn een aantal onderscheidende eigenschappen van bioplastics benoemd. Deze behandelen we in de volgende paragrafen, in 3 subgroepen.

Andere aandachtspunten voor toepassing van een bioplastic in een product kunnen nog zijn:

- Verwerkingsmogelijkheden; denk aan filmblazen, thermovormen, spuitgieten, etc.
- Vlamgedrag, brandwerendheid
- Inkleurbaarheid, look & feel

Deze materiaaleigenschappen zijn niet uitsluitend afhankelijk van de soort kunststof (en daardoor niet als onderscheidende vragen opgenomen in de tool). Ze zijn te sturen door het toevoegen van hulpstoffen in verschillende samengestelde grades, om de brandwerendheid of de verwerkbaarheid te verbeteren.

3.2 Biobased en/of bio-afbreekbaar

1. Gehalte biobased materiaal

Moet het bioplastic hernieuwbaar (niet-aardolie-gebaseerd) zijn? Is een verminderde afhankelijkheid van aardolie daadwerkelijk van belang?

In hoofdstuk 2 bespraken we al dat lang niet alle bioplastics 100% van biobased materialen zijn gemaakt (zie figuur 2.1). Zo zijn TPS, CA en bioPET maar gedeeltelijk biobased. In de praktijk zijn verder diverse combinaties van plastics (blends) beschikbaar: PLA met PBAT om de taaiheid van PLA te verbeteren, TPS met PBAT of PLA om de waterresistentie van zetmeel te verbeteren, etc. Alle met telkens net weer andere gehalten aan biobased materiaal.

2. Biodegradeerbaarheid

Moet het product biodegradeerbaar zijn? Of juist niet? En in welke omgeving moet het degraderen? In de grond, in water of door composteren?

Bioplastics zijn niet allemaal biodegradeerbaar. Zo zijn bioPE en bioPP weliswaar biobased (de grondstoffen komen uit suikerriet in plaats van aardolie), maar ze zijn niet bio-degradeerbaar. Ze hebben precies dezelfde eigenschappen als 'normaal' PE en PP.

Andere bioplastics zijn wel biodegradeerbaar; op welke wijze is in figuur 3.3 weergegeven.

Wanneer in een combinatie van bioplastics of gebruikte additieven, niet alle componenten bio-afbreekbaar zijn, dan mag het product zich doorgaans ook niet bioafbreekbaar noemen. Ter illustratie: van een bedrukt 100% bioafbreekbaar product moet ook de inkt 100% bioafbreekbaar zijn.

Om het gehalte aan biobased materialen of de afbreekbaarheid in verschillende omgevingen (industriële compostering, thuiscompost, in de grond, in water) aan te geven, zijn er certificaten ontwikkeld. Wanneer een certificaat ontbreekt, wil dat niet per definitie zeggen dat het materiaal of het product niet afbreekt; de fabrikant kan er ook voor kiezen om geen (duur) certificaat aan te vragen. Zie figuur 2.2 en <http://www.okcompost.be>

NIET BIODEGRADEERBAAR	COMPOSTEERBAAR	IN DE GROND BIODEGRADEERBAAR	IN WATER BIODEGRADEERBAAR
• PA-11 • PEF • bioPET • bioPE • bioPP	• PLA • PHA • TPS • CA • PBAT	• PHA • TPS • PBAT	• PHA • TPS

Tabel 3.3 Mogelijke keuzes voor biodegradeerbaarheid in keuzetool.

3.3 Diverse functionele eigenschappen

3. Vormvastheid

Bij welke temperatuur gaat het product gebruikt worden? Moet het bijvoorbeeld bestand zijn tegen kokend water?

Iets om rekening mee te houden is dat de temperatuur waarbij een product vormvast moet blijven vaak hoger is dan de directe gebruikstemperatuur. Denk aan producten die in de zon achter glas of in een warme auto liggen. De temperatuur kan dan hoog oplopen, tot boven 60°C. TPS, bioPE, PBAT, PHA en gewoon PLA (is amorf) zijn hier niet tegen bestand. Tot 100°C kun je in dat geval wel gebruikmaken van CA, PA-11, bioPP bioPET, PEF en x-PLA (gekristalliseerd PLA). En moet je product bestand zijn tegen temperaturen hoger dan 100°C? Dan zijn alleen CA, PA-11 en sc-PLA geschikt. Sc-PLA is 'stereo-complex' PLA, een speciale (dure) grade met een vormvastheid tot 180°C.

4. Transparantie

Moet het product transparant zijn of juist ondoorzichtig?

De transparantie van een materiaal is mede afhankelijk van het gebruik van additieven, vullers en processing (kristalliniteit). Uiteraard speelt ook de dikte van het product een rol bij de lichtdoorlating. Dun toegepast zijn alle kunststoffen, al dan niet met gebruik van vulmiddelen, ondoorzichtig te maken. Echt 100% transparant zijn alleen PLA, CA, PA-11, PEF, bioPET, bioPE en bioPP. De rest is van zichzelf opaque.

5. Oplosbaarheid

Moet het product oplosbaar zijn in water?

Er zijn maar weinig bioplastics oplosbaar in water. Van de 10 plastics die we hier bespreken is alleen TPS oplosbaar in water, de overige kunststoffen zijn waterresistent. Wel kan PLA een zeer kleine hoeveelheid water (minder dan een promille) bevatten en moet het dus voor productie goed gedroogd zijn.

Een nieuw materiaal dat nog in ontwikkeling is en wel oplosbaar is in water, is glycix van Plantics BV. Een biobased kunststof, gebaseerd op glycerol en citroenzuur, dat 100 % kan oplossen. De snelheid waarmee glycix oplost is afhankelijk van de blootstelling aan vocht en van de mate waarin het is uitgehard.

6. Barrière-eigenschappen

Voor welke gassen moet het product een barrière hebben? Moet het bestand zijn tegen UV?

Vooral verpakkingen hebben vaak eisen aan barrière-eigenschappen, gericht op welke gassen wel of niet doorgelaten mogen worden. Neem de drie belangrijkste gassen: waterdamp (H₂O), zuurstof (O₂) en kooldioxide CO₂).

Moet het product waterdamp tegenhouden? Gebruik dan PHA, PEF, bioPET, bioPE of PBAT. Moet het zuurstof tegenhouden? Dan zijn TPS, PEF en bioPET geschikt. Moet het kooldioxide tegenhouden, dan zijn alleen PEF en bioPET geschikt. In de gevallen dat één materiaal niet afdoende barrière biedt tegen een combinatie van gassen, dan is het een optie om meerdere verpakkingslagen van verschillend materiaal te gebruiken.

Sommige producten moeten bestand zijn tegen de invloed van UV-licht, omdat ze veel aan de zon blootgesteld zijn. Zo zijn PLA, PHA, TPS en bioPET beter UV-bestendig dan de andere soorten.

7) Taaiheid (IZOD/ breekrek/ rek na breuk)

Hoe taai moet het product zijn? Oftewel, hoe belangrijk is het dat het bestand is tegen breuk of scheuren?

Een taai materiaal vervormt voordat een breuk optreedt en het geeft weerstand tegen het doorgroeien van kerven en scheuren. Wordt de maximale spanning in een minder taai materiaal ergens overschreden, dan ontstaat een scheur die door de kerfwerking snel uitgroeit.

Het tegenovergestelde van taai is bros, maar omdat biobased plastics niet echt bros zijn gebruiken we de indeling taai/minder taai. Taaie bioplastics (Izod @20° C > 80J/m) zijn: PA-11, CA en PBAT. Minder taai (Izod @ 20° C < 80J/m) zijn PHA, PLA, bioPP en PEF.

Je kunt TPS, bioPE en bioPET zowel taai als minder taai maken door het toevoegen van additieven zoals weekmakers. De hoeveelheid weekmaker speelt een doorslaggevende rol in de uitkomst of een TPS bros of taai is (van harde regengoten tot zachte bad-eendjes, beide van PVC). In aanvulling op het werken met additieven zijn de mechanische eigenschappen ook door kunststofcombinaties te verbeteren. PLA in combinatie met PBAT is taaier dan PLA alleen (deze specifieke blend is commercieel verkrijgbaar onder de naam Ecovio).

NB De taaigheid van een product is niet alleen van het materiaal zelf afhankelijk. Ook de dikte van het product, de gebruikstemperatuur, de snelheid van de vervorming en de aanwezigheid van kerven of scheuren zijn van invloed.

8. Stijfheid (E-modulus)

Hoe stijf moet het product zijn?

Met het begrip stijfheid (of rigiditeit) geven we aan in welke mate een materiaal of een constructie zich tegen elastische vervorming verzet. Het tegenovergestelde is slapte (of flexibiliteit) wat aangeeft in welke mate het product buigzaam en soepel is en blijft.

Een maat voor de stijfheid is de Elasticiteitsmodulus: de verhouding tussen de uitgeoefende kracht per oppervlakte en de daaruit resulterende rek. Een hoge E-modulus duidt op een rigide materiaal, een lage E-modulus op een flexibel materiaal.

Stijve bioplastics (met E > 2kN/mm²) zijn volgens E-modulus PLA, PHA, PEF, bioPET en bioPE. Minder stijf (met E < 2kN/mm²) zijn TPS, CA, PA-11, bio-PP en PBAT.

9. Sterkte

Hoe sterk moet het product zijn?

De sterkte van een materiaal beschrijft de weerstand tegen een trekbelasting. Een maat voor de sterkte is de treksterkte, aangegeven met het symbool R_m. Een materiaal met een hoge R_m heet 'sterk' te zijn, een materiaal met een lage R_m is aangeduid als 'zwak'. Sterke (R_m > N/mm²) kunststoffen zijn PLA, PA-11, PEF en bioPET. Minder sterk (R_m < 40 N/mm²) zijn PHA, TPS, CA, bioPE, bioPP en PBAT.

3.4 Verkrijgbaarheid en prijs

10. Levensfase / verkrijgbaarheid
Mag het een experimentele grade zijn en hoeveel materiaal heb ik nodig?

De verkrijgbaarheid van het materiaal loopt redelijk parallel met de levensfase waarin het materiaal zich bevindt. Hoe verder het materiaal ontwikkeld is, hoe makkelijker het te verkrijgen is. Er zijn dan al vele toepassingen bekend die als voorbeeld dienen en eris meer bekend over de verwerking ervan. Sommige bioplastics zijn daarentegen nog zo nieuw, dat de zoektocht naar toepassingen nog gaande is. De onmiddellijke beschikbaarheid bij dergelijk nieuwere materialen bestaat vaak uitsluitend nog uit proefbatches. In tabel 3.4 is voor 10 bioplastics de fase van ontwikkeling weergegeven.

Ondanks flinke investeringen in nieuwe fabrieken voor biobased kunststoffen, is de productiecapaciteit voorlopig nog een fractie van de capaciteit van olie-gebaseerde kunststoffen. Ook zijn van nieuwe materialen nog slechts weinig grades beschikbaar. Gelukkig is het vaak wel mogelijk om in samenwerking met de leverancier een specifieke grade voor een specifieke toepassing te ontwikkelen.

11. Materiaalkosten
Hoe hoog mogen de materiaalkosten zijn in het product?

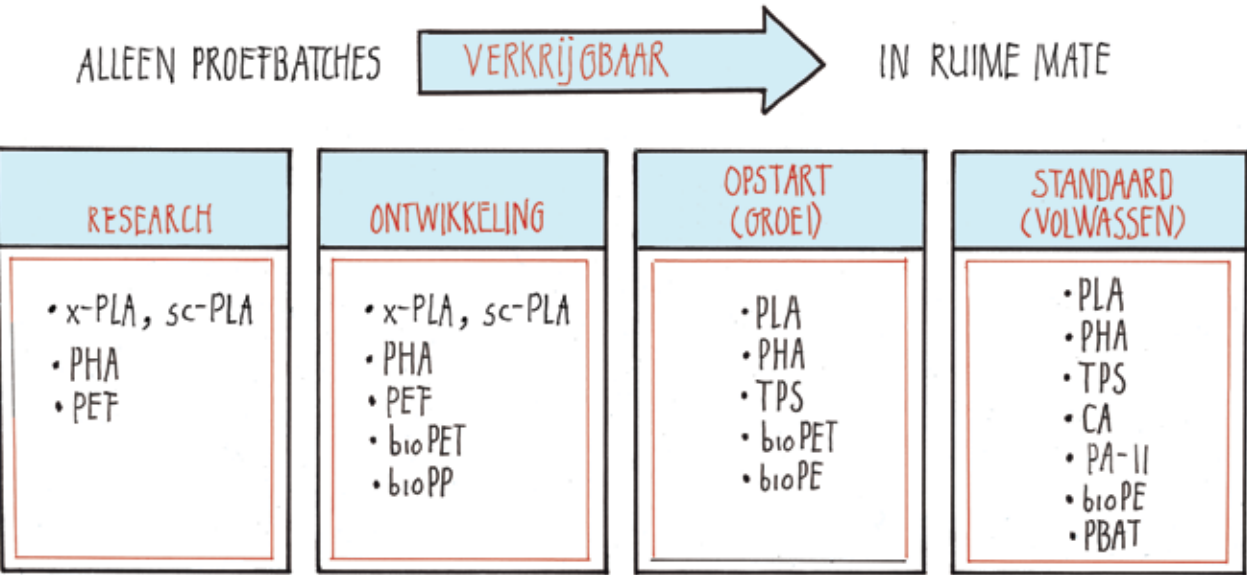
Vergeleken met de prijzen van op fossiele brandstoffen gebaseerde plastics, zijn de materiaalkosten van biobased plastics vrijwel altijd hoger. Motivaties om die initiële hogere kosten toch te willen dragen, kunnen zijn:

- lagere total cost of ownership in de totale levenscyclus;
- imago of visie ten aanzien van maatschappelijk verantwoord ondernemen;
- betere prestaties in een specifieke toepassing.

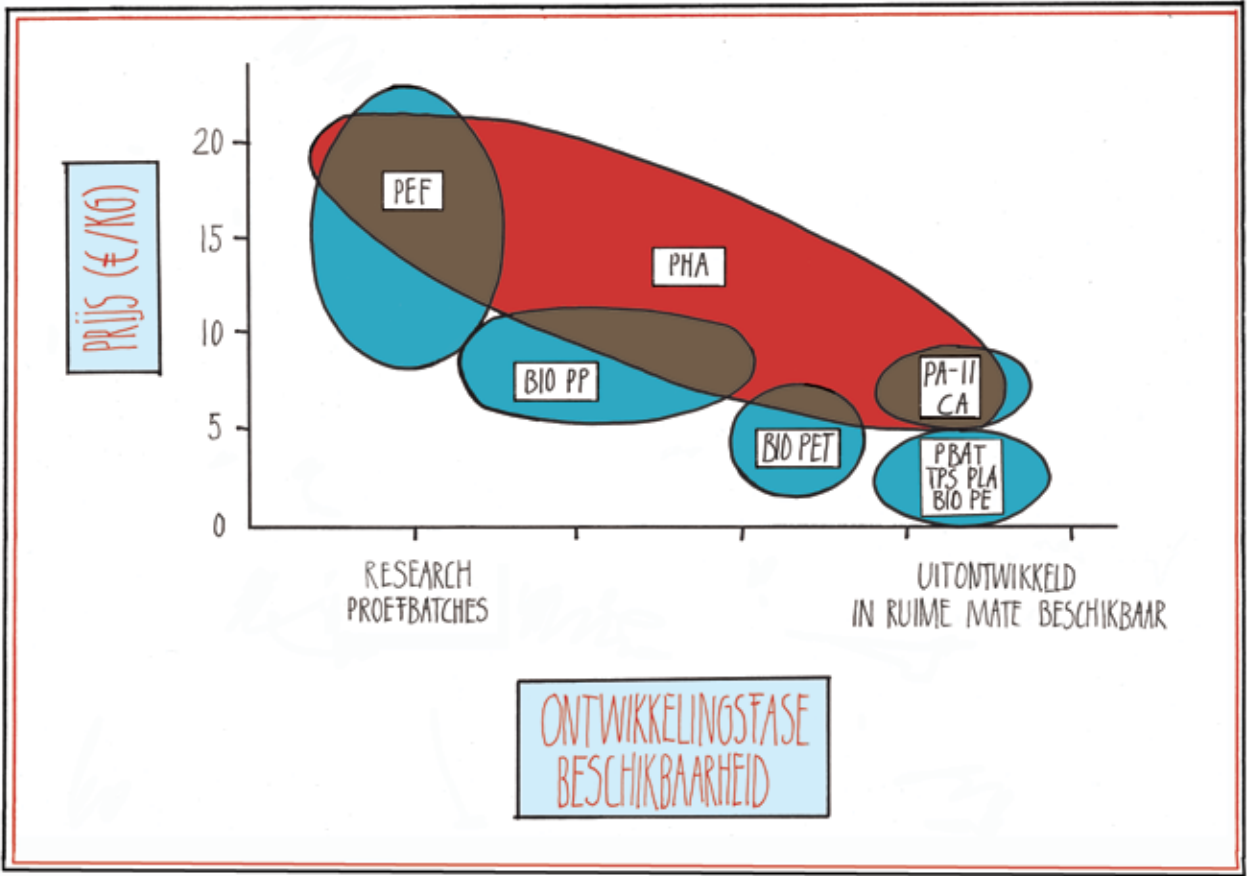
Vooral in toepassingen waar de materiaalkosten een relatief gering deel van de totale productkosten vormen, is de drempel om biobased plastics te gebruiken relatief laag. Vandaar dat sportartikelen

op dit vlak uitblinken, omdat merk en imago hier relatief zwaar tellen en de materiaalkosten gering zijn in de kostprijs van het gehele product.

De kostprijs hangt verder af van de afnamehoeveelheid, en de hoeveelheid in het materiaal verwerkte (goedkopere) vullers. Ook geldt de 'economy of scale': wanneer de productiecapaciteit toeneemt, daalt de prijs. De materiaalprijzen hangt mede daardoor sterk samen met de fase van ontwikkeling waarin het materiaal zich bevindt. Figuur 3.5 laat dit duidelijk zien.



Tabel 3.4 De mogelijkheden voor verkrijgbaarheid in de keuzetool.



Figuur 3.5 Relatie prijs en beschikbaarheid van bioplastics.

Voorbeeld: materiaalkeuze voor een bloempotje

Om de Bioplastics4U-keuzetool goed te gebruiken, is het van belang vooraf goed na te gaan welke eisen (en wensen) je aan het te maken product stelt.

Neem een disposable bloempotje. Hieraan stel je de volgende eisen: het moet gemaakt zijn van 100% biobased materiaal, mag niet in de grond of in water vergaan, maar moet wel afbreekbaar

zijn. Als het in de zon achter glas staat, moet het vormvast zijn. Het moet sterk genoeg zijn om te kunnen stapelen. Het hoeft niet per se taai te zijn en er zijn geen eisen aan transparantie of aan gasdichtheid. Het uitgangsmateriaal moet goedkoop zijn en in ruime mate verkrijgbaar.

Door het gebruik van de keuzetool blijkt dat voor het bloempotje PLA het meest geschikte uitgangsmateriaal is, omdat PLA aan alle eisen voldoet.

EISENTABEL 'BLOEMPOTJE'

	EIGENSCHAP	MOGELIJKE EISEN				
1	% BIOBASED	100%	GEDEELTELIIK	0%		N.V.T.
2	BIODEGRADEER- BAARHEID	NIET	COMPOSTEERBAAR	IN GROND	IN WATER	N.V.T.
3	TEMPERATUUR VORMVASTHEID	<60%	60-100°C	>100°C		N.V.T.
4	TRANSPARANTIE	0%	OPAQUE	100%		N.V.T.
5	OPLOSBAARHEID	WATERRESISTENT	WATEROPLOSBAAR			N.V.T.
6	BARRIÈRE	WATERDAMP	O ₂	CO ₂	UV	N.V.T.
7	TAAIHEID	TAAI	MINDER TAAI			N.V.T.
8	STIJFHEID	STIJF	MINDER STIJF			N.V.T.
9	STERKTE	STERK	MINDER STERK			N.V.T.
10	LEVENSTASE	RESEARCH	ONTWIKKELING	GROEI	VOLWASSEN	N.V.T.
11	MATERIAALKOSTEN	<2€/KG	2-5€/KG	>5€/KG		N.V.T.

INVULTABEL 'BLOEMPOTJE'

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
EIGENSCHAP	% BIOBASED	BIODEGRADEERBAAR	TEMPERATUUR VORMVASTHEID	TRANSPARANTIE	OPLOSBAARHEID	BARRIÈRE	TAAIHEID	STIJFHEID	STERKTE	LEVENSTASE	MATERIAALKOSTEN	RESULTAAT
EISEN	100% BIOBASED	COMPOSTEERBAAR	>60%	N.V.T.	NIET	N.V.T.	MINDER TAAI	STIJF	STERK	VOLWASSEN	<2€/KG	
PLA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PHA	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	
TPS	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	
CA	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	-	
PA-11	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	
PEF	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	
BIO PET	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	
BIO PE	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
BIO PP	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	
PBAT	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	-	

3.5 Het antwoord, en nu?

Na het beantwoorden van de vragen over de 11 eigenschappen zijn er drie uitkomsten mogelijk.

Optie 1:

Er zijn meerdere bioplastics mogelijk
Er zijn meerdere materiaal mogelijkheden voor de beoogde toepassing. Om de keuze verder te verfijnen, helpt het om de volgende vragen te beantwoorden:

- Zijn de eisen nog te voorzien van een wegingsfactor?
- Geeft een blend van de mogelijke biobased plastics een mogelijk nog beter resultaat?
- Kun je nog andere, aanvullende vragen stellen om de keuze te beperken?

Optie 2:

Er is één mogelijke bioplastic geïdentificeerd
Gefeliciteerd, de opzet is geslaagd! Het is nu zaak een grade van de gevonden soort biobased plastic te vinden, die zo goed mogelijk bij de eisen past. Neem contact op met een leverancier om verder na te gaan welke grade het beste aansluit.

Mogelijk is extra onderzoek nodig, of ligt samen met de leverancier verder zoeken naar additieven voor nog specifiekere eigenschappen voor de hand. Tegelijker-

tijd is het verstandig alvast op zoek te gaan naar een mogelijke verwerker (zie hoofdstuk 6), die het product daadwerkelijk kan fabriceren.

Tot besluit verdient het aanbeveling om na te gaan wat de milieu-impact is van het toepassen van de gekozen biobased plastic. Meer informatie hierover is te vinden in hoofdstuk 5.

Optie 3:

Helaas, er is geen bioplastic geschikt voor de toepassing
Als er geen mogelijke materiaalmatch is, zijn er enkele overwegingen:

- Zijn de eisen echt zo strikt zoals ze nu zijn gesteld?
- Zijn de eisen te voorzien van een wegingsfactor? Mogelijk blijkt een bijzondere eis de bottleneck te zijn, is die eis echt een showstopper?
- Is te voldoen aan de eisen door te werken met een combinatie van verschillende biobased plastics?

Als dit nog steeds geen gewenst resultaat oplevert, dan is er op dit moment gewoon geen biobased plastic beschikbaar voor de eisen die de toepassing stelt. Misschien dient er zich door verder onderzoek in samenwerking met een materiaalleverancier of kennisinstelling alsnog een oplossing aan.



Plantje in biobased plastic pot



Artichair ontworpen door Spyros Kizis
(<http://www.spyroskizis.com>)

4 LOOK & FEEL VAN BIOBASED PLASTICS

Er komen steeds meer duurzame producten op de markt. Om het duurzame karakter van die producten te benadrukken, kan het bedrijf dat het product op de markt brengt gebruikmaken van certificaten, labels, stickers en logo's. Uit onderzoek van Wageningen UR blijkt echter dat deze vorm van productinformatie verwarrend is voor consumenten (Jager en Winter, 2007).

Beter zou zijn als een kunststofproduct zelf uitstraalt dat het gemaakt is van een biobased plastic. Het is zelfs denkbaar dat de producten een unieke uitstraling hebben juist omdat ze van biobased plastic zijn en zodanig zijn vormgegeven dat ze een kwaliteitsaspect benadrukken. Als ontwerper kun je hier bij uitstek een bijdrage aan leveren. In dit hoofdstuk bespreken we daarom een aantal onderwerpen die samenhangen met de look & feel van biobased plastics.

4.1 Zintuigen & perceptie

Er is nog weinig bekend over hoe consumenten een biobased plastic product waarnemen en waarderen. Wel weten we hoe we materialen in algemene zin waarnemen. En we kunnen ons in veel gevallen ook een beeld vormen van nog niet bestaande producten en materialen.

Zintuigen en waarneming

Indien een persoon een product waarneemt gebeurt dit met zijn of haar zintuigen. Per persoon zijn deze zintuigen anders ontwikkeld. De hersenen verwerken de signalen die via deze zintuigen binnenkomen. Deze verwerking zorgt ervoor dat het relatief objectief waarnemen van een product, al snel een subjectieve waarneming wordt: de persoon creëert een eigen perceptie. Mede ingegeven door zijn culturele en persoonlijke achtergrond.

Ook bij een nog onbekend of onbestaand product, kan een persoon na enige tekstuele uitleg een visueel beeld vormen van een product. Een dergelijk beeld heet een mental model (Weinschenk, 2011). Stel je eens een nieuwe diersoort voor: de Levia, een combinatie tussen een leeuw en een cavia. Elk individu kan eenvoudig een beeld schetsen van hoe dit beest er mogelijk uitziet. Ditzelfde kun je doen met biobased plastic producten. Door een combinatie van producten en natuurlijke materialen aan te bieden, komt een mental model van een biobased plastic product tot leven.

De perceptie van materialen

De perceptie van een materiaal is afhankelijk van een verscheidenheid aan situatie- en productgerelateerde factoren. Dit maakt het heel moeilijk – welhaast onmogelijk – om één ontwerpmethode te ontwikkelen die ervoor zorgt dat een bepaald materiaal altijd, overal en voor iedereen dezelfde betekenis heeft, zelfs in verschillende producten. Een materiaal komt dan ook beter tot zijn recht in de rol van een acteur die meerdere karakters kan spelen.

Het effect dat een materiaal op de productervaring heeft is afhankelijk van:

- De zintuigen: zien, voelen, horen, ruiken en proeven.
- Het type product: vorm, functie, formaat en kleur.
- Veroudering van het materiaal.
- De context, bijvoorbeeld een andere omgeving of ander type licht.
- De doelgroep/gebruiker: cultuur, opvoeding, kennis, emotionele waarde, omgeving en geslacht.
- De tijdsgeest en trends



Onderzoek naar herkenbaarheid van biobased plastic bekere

Om tot ontwerperegels / -richtlijnen te komen voor het intuïtief herkenbaar maken van biobased plastic producten voerde Manouk van der Wal, voor haar afstuderen aan de studierichting Product Design, een zintuigelijk onderzoek uit.

Zintuigelijke test

Als proefpersonen is gekozen voor duurzaam ingestelde consumenten, gezien de verwachting dat deze meer interesse hebben in biobased plastics dan mensen voor wie duurzaamheid minder leeft. Iedere proefpersoon werd onderworpen aan een zintuigelijke test. In de test fungeerden 9 bekere van zowel biobased als petrochemische kunststoffen, elk met andere kenmerken, als testmateriaal.

Tijdens de test zijn de zintuigen los van elkaar onderzocht door de overige zintuigen telkens af te sluiten, zodat de proefpersonen zich goed konden concentreren. Daarop is steeds per beker gevraagd: of de beker van biobased plastic of petrochemisch plastic gemaakt is, waarom de proefpersoon dit denkt en of hij de zintuigelijke waarneming als prettig of onprettig ervaart.

Eerder onderzoek heeft al eens aangetoond dat niet elk menselijk zintuig even goed ontwikkeld is. Het onderzoek met de bekere bevestigt dit. Proeven en ruiken zijn de wat zwakkere zintuigen; horen doen we iets intenser; voelen en zien zijn zintuigen waar mensen het meest op aangewezen zijn.

Ontwerperegels

Bij de test deed het er niet toe of de proefpersonen het juiste antwoord gaven, het ging er vooral om waar zij zich op baseerden om tot een oordeel te komen. Op basis daarvan zijn tenslotte uitspraken over het verwachtingspatroon te doen. Na analyse en clustering van de antwoorden van de proefpersonen, ontstonden (onder meer) de volgende ontwerperegels:

Ruiken en proeven

- Een biobased plastic beker dient geen geur af te geven.
- Een biobased plastic beker dient geen smaak af te geven.

Horen

- Een biobased plastic beker klinkt bij aantikken dof, solide en zwaar.
- In geen enkel geval klinkt biobased hoog, schel of hard.

Voelen

- In een biobased plastic beker is een vezel (korrel, oneffen) structuur te voelen.
- Een biobased plastic beker heeft een prettige vorm.
- Een biobased plastic beker voelt zwaar.

Zien

- Een biobased plastic beker heeft een gebroken witte of natuurlijke kleur.
- Een biobased plastic beker laat geen licht door en is niet transparant.

Vervolgonderzoek

Met dit onderzoek is een start gemaakt met het ontwikkelen van ontwerperegels om de herkenbaarheid van biobased plastic producten via hun ontwerp te vergroten. Het onderzoek toont aan dat het opstellen van ontwerprichtlijnen voor de herkenbaarheid van biobased plastic bekere praktisch mogelijk is. Vervolgonderzoek moet duidelijk maken of dit in de praktijk inderdaad beter herkenbare ontwerpen oplevert.

De volgende stap is om te onderzoeken welke ontwerperegels voor andere productcategorieën gelden.

Deze tekst verscheen eerder in een artikel in Product Magazine (van der Wal, 2015).

4.2 Ontwerpregels

Betekenis van materialen

Elvin Karana, onderzoekster aan de Technische Universiteit Delft, heeft veel onderzoek verricht naar de betekenis van materialen. Uit haar onderzoek blijkt dat het mogelijk is een betekenis te koppelen aan een materiaal, met de kanttekening dat deze betekenis afhangt van het type product waarin het materiaal is toegepast. Het is dan ook niet mogelijk om één set regels op te stellen die betekenis aan een materiaal toedichten, die universeel voor elk product gelden.

De betekenis die aan een materiaal wordt gegeven, hangt af van (Karana, 2009):

- het type betekenis
- het type materiaal
- het product waarin het materiaal is opgenomen
- hoe het product wordt gebruikt
- de achtergrond van de gebruiker

Aan industrieel ontwerpers en vormgevers de taak om bovenstaande punten onderling en in samenhang af te wegen en te optimaliseren.

Ontwikkelen van ontwerpregels

Het opstellen van algemeen geldende regels om biobased plastics herkenbaar te maken is zoals tot dusver beschreven niet zomaar mogelijk. Om deze reden is er door de HvA voor gekozen om in eerste instantie ontwerpregels op te stellen voor één product, namelijk 'bekers'.

Er is gekozen voor bekers omdat dit een product is waarbij alle zintuigen een rol spelen. Je ziet het product als het voor je staat, je voelt het product als je het beet pakt, je proeft en ruikt het product op het moment dat je eruit drinkt en je hoort het product als je het weer neerzet.

Op basis van zintuigelijk onderzoek met een aantal proefpersonen (zie kader) bleek het goed mogelijk een aantal richtlijnen voor het ontwerpen van biobased plastic bekers te destilleren (van der Wal, 2015).

Ruiken en proeven

In het geval van de bekers bleek dat het afgeven van geur en smaak niet gewenst is. Voor andere producten die niet in aanraking komen met voedsel of drank – zeg een lamp – zou geurafgifte minder storend, mogelijk zelfs gewenst, kunnen zijn.

Horen

Biobased plastic bekers klinken volgens de proefpersonen niet schel, hoog of hard. Ze hebben eerder een gedempte, doffe klank. Een klank die je ook verwacht bij natuurlijke materialen, zoals hout. Het is een verwachtingspatroon waaraan niet wordt voldaan bij een relatief hard en bros biobased plastic als PLA, dat schel en hard klinkt bij impact. Indien een ontwerper toch wil uiten dat een PLA-product gemaakt is van biobased plastic, kan deze het materiaal (laten) aanpassen.

Voelen

Gladde bekers met scherpe randen worden niet ervaren als gemaakt van biobased plastic. Zachte vormen met een oneffen korrelige structuur daarentegen... Bij de bekers die de ondervraagden aanraken,

omvatten en optillen, draagt een natuurlijk feel bij aan een biobased imago. Wetenschap die al toepassing vindt in comfortabele handvatten voor bijvoorbeeld fietssturen of (keuken)gereedschap.

Zien

Bekers die we spontaan tot biobased rekenen, hebben vaak een gebroken witte of natuurlijke kleur. Niet zozeer hoogglans of transparant. Bij voorkeur is er op deze producten ook iets van een vezelstructuur zichtbaar. Let wel, indien deze structuur te grof is, wordt dit als onprettig ervaren. Het is dus van belang om hier de balans te vinden.

Perceptie van biobased plastic producten

Uit voor ons toepasbaar onderzoek aan de TU Delft (Karana, 2012) blijkt verder dat voor een sterkere biobased perceptie, producten gebaat zijn bij zowel een 'natuurlijke' als 'kwalitatief hoogwaardige' uitstraling. Uit dat onderzoek komt bovendien naar voren dat vezelige, egale en matte oppervlakken het meest de combinatie van natuurlijk en kwalitatief hoogwaardig uitstralen. Met ook hier de kanttekening dat de waardering en waarneming onverminderd sterk afhankelijk blijven van de toepassing.

De samenvatting van het TU-onderzoek stelt dat verwachtingen vaak cultureel bepaald zijn en dat deze veranderen in de tijd. Zo zijn smartphones op het moment erg glad en kennen ze een hoogglans scherm; het is de vraag of een ruw beeldscherm in de smaak valt. Aan de andere kant kan nieuwe esthetiek juist het onderscheidende karakter van een nieuw product versterken. Uiteindelijk is het aan de ontwerper om de gebruiker, het product en het materiaal optimaal op elkaar af te stemmen. En om ontwerpideeën voortdurend te blijven testen om zo het product zo succesvol mogelijk te maken.

NB In de toekomst is het denkbaar dat de rollen 180 graden omdraaien. Dat we wat we nu als biobased percipiëren tegen die tijd heel kunststof vinden aandoen, en dat we de hardglanzende felgekleurde uitstraling van de huidige op oliegebaseerde kunststoffen net zo gedateerd vinden als bakeliet uit de jaren '30.

4.3 Bijmengen natuurlijke (rest) stromen

Uit het onderzoek naar de perceptie van kunststof bekers blijkt dat een oneffen korrelige structuur bijdraagt aan een natuurlijke uitstraling. Uit het onderzoek van Karana blijkt dat een vezelig en mat oppervlak hier goed bij past. Het kan daarom zinvol zijn om vezelige of korrelige materialen aan het basismateriaal toe te voegen.

Door het bijmengen ontstaan regelmatig materialen met nieuwe unieke eigenschappen. Zowel wat betreft de look & feel van de toegepaste plastics in de producten, alsook de functionele eigenschappen en toepassingsmogelijkheden. Waarbij het sturen op perceptie slecht één van de redenen is om bij te mengen. Extra sterkte en stijfheid aan een biobased plastic mee willen geven is een andere. Of het willen drukken van materiaalkosten, door toevoeging van goedkopere vezels of materiaal uit reststromen.

Soms zijn die reststromen zelfs het uitgangspunt voor een nieuw ontwerp, zoals bij de producten gebaseerd op koffiedik, of producten van zaagsel. Of regionale producten op basis van regionale landbouwproducten zoals vlas uit Zeeland, Vlaanderen en Noordwest Frankrijk. Wat de uitgangspunten ook zijn, ze leiden in alle gevallen tot producten met een unieke en hoogwaardige look & feel, met een sterke binding met de leverancier van de natuurlijke (rest)stroom.



Samples van biocomposieten



Nieuwe esthetiek voor biobased plastics

Elvin Karana is Universitair Docent (UD) aan de TUDelft bij de faculteit Industrieel Ontwerpen (IDE–Industrial Design Engineering). Ze heeft brede ervaring in het onderzoeken van de betekenis die materialen hebben bij perceptie van producten, in relatie tot de unieke technische en look & feel materiaaleigenschappen. Haar onderzoek heeft geleid tot het Meanings of Materials model (Karana, 2009) waar de onderzoeksresultaten overzichtelijk en bruikbaar worden gemaakt.

'Sinds 2011, is heb ik ook onderzoek verricht specifiek naar biobased en duurzame materialen. Er zijn niet altijd 1 op 1 geldende ontwerp regels te geven hoe een biobased plastic product ontworpen dient te worden. Wel kan er een advies worden gegeven op welke aspecten gericht gezocht dient te worden in het ontwerpproces om naar een goed ontworpen biobased plastic product toe te werken.

Gebleken is dat het voor het kopen van een product belangrijk is dat het product en zijn karakteristieken worden geïdentificeerd of herkend, en dat het product positief wordt gewaardeerd. Vertaald naar biobased plastic producten komt het globaal neer dat het product zowel een 'natuurlijke' uitstraling heeft alsook een 'kwalitatief hoogwaardige' uitstraling.'

De meest recente en nog lopende onderzoeken in het kader van 'Material Driven Design' (Karana e.a., 2015 in press) kijken naar de ontwikkeling van nieuwe esthetische waarden waarbij juist imperfecte producten als kwalitatief hoogwaardig worden beschouwd. Aspecten hierbij zijn dat de producten de sporen van het persoonlijke leven in zich dragen door slijtage, imperfecties en gepersonifieerde productietechnieken. "Uit deze onderzoeken kan wellicht een nieuwe vorm van esthetiek worden gedefinieerd. Een nieuwe esthetiek waarbij industrieel vervaardigde producten niet perfect egaal, homogeen of glad zijn. En dit kan dan weer een boeiend uitgangspunt voor biobased plastics producten zijn"

Bron: Karana 2009, Karana, Barati, Rognoli & Zeeuw Van Der Laan (2015 in press).



Foto: Koffiemachine, Sanremo Nederland (www.sanremonederland.nl).

Van koffieprut tot koffieproduct

Wellicht behoort u tot de grote groep koffiedrinkers in Nederland. Ook Marjet de Jong houdt van een lekker kopje koffie, maar streeft ook naar een samenleving waarin de mens beseft dat afval (meer)waarde heeft. Daarom richt deze studente Product Design aan de Hogeschool van Amsterdam (HvA) haar afstudeeronderzoek op de mogelijkheid om koffiedik, het restproduct van een kopje koffie, te gebruiken als grondstof.

Koffiedik gebruiken als grondstof klinkt makkelijker dan het is. Om koffiedik tot een bruikbaar materiaal te kunnen vormen heeft Marjet de Jong met een aantal medestudenten het initiatief 'Coffee Based' opgericht. Wanneer het onderzoek dat zij nu uitvoert met succes wordt afgerond, zal zij interieurproducten gaan produceren en zal het initiatief mogelijk uitgroeien tot een onderneming genaamd 'Coffee Based'.

Materiaalonderzoek

Het onderzoek bestaat voornamelijk uit het inventariseren van de hoeveelheid koffiedik die beschikbaar is en uit het onderzoeken hoe deze reststroom is om te zetten in een bruikbaar materiaal. Een eis voor het materiaal is dat dit volledig afkomstig is van natuurlijke bronnen, oftewel biobased. Een andere eigenschap van koffiedik die behouden moet blijven is de biologische afbreekbaarheid. Koffiedik vergaat gemakkelijk en snel in de natuur. Daarom wordt er van het materiaal vereist dat dit ook biologisch afbreekbaar is. Een obstakel hierbij is de schimmelvorming die zeer snel ontstaat op het koffiedik.

Om koffiedik een langere levensduur te kunnen geven van minimaal een half jaar, is het noodzakelijk om het te mengen met een bindmiddel. Tijdens het onderzoek is koffiedik gemengd met verschillende natuurlijke en biologisch afbreekbare bindmiddelen zoals biobased plastics, harsen en lijmen. Biobased plastics zijn kunststoffen die gemaakt zijn van hernieuwbare bronnen zoals mais, suiker en zetmeel. De types bindmiddelen en de verhouding tussen het bindmiddel en het koffiedik hebben veel invloed op het uiterlijk en de eigenschappen van het materiaal. Nadat er vele materiaaltesten zijn uitgevoerd is er een palet aan kleuren, geuren en texturen ontstaan, zie afbeeldingen.

Herkenbaarheid

Voor velen is koffiedik een bekende reststroom, daarom is het belangrijk dat de koffie herkenbaar blijft in het product. Zo kan het product een verhaal vertellen aan de gebruiker. Om het product te laten spreken, wordt er gefocust op materiaal waarin de kleur, geur en textuur van koffiedik intact blijven. Van de materialen die zijn ontstaan tijdens het eerder uitgevoerde materiaalonderzoek is onderzocht in welk materiaal men de koffie het meest herkent. Hieruit bleek dat de kleur en de textuur van het materiaal de keuze het meest beïnvloeden. Het materiaal wat 'het beste uit de test' kwam, heeft in vergelijking met de andere materialen een lichte en bruine kleur in combinatie met een ruwe en aardse textuur.



Vervolg: Van koffieprut tot koffieproduct

Ontwerpproces

Tijdens het ontwerpproces vormt het materiaal het uitgangspunt, daarom worden de eigenschappen van het materiaal vastgelegd. Invloeden op het materiaal zoals vocht, licht en warmte worden onderzocht. Ook de productiemogelijkheden zijn van belang. In een ideale situatie kan er gebruik worden gemaakt van een bestaande productietechniek. Toch is deze kans klein en moeten er hoogstwaarschijnlijk bestaande productietechnieken worden aangepast of gecombineerd. De gebruikte productiemethode veroorzaakt typische kenmerken welke invloed hebben op de vormgeving van het product. Bijvoorbeeld afgeronde hoeken en weinig detaillering of juist scherpe randen met een hoge detaillering. Al deze eigenschappen hebben invloed op het ontwerpproces en worden daarom ook betrokken bij het onderzoek.

Producten

Het is belangrijk dat de verbinding tussen de leveranciers van het koffiedik en de producten wordt benadrukt. Daarom zijn de producten ook bruikbaar in een koffiezaak. In de (nog te ontwikkelen) productlijn, vindt u uiteenlopende producten: van dienbladen tot lampen en van bloempotten tot onderzetters. De producten gemaakt van koffiedik zijn een unieke toevoeging aan uw interieur, een lust voor het oog en hebben een subtiele koffiegneur. Op dit moment worden de eerste prototypes, schaaltsjes en lampenkapjes, van het materiaal ontwikkeld, zie afbeeldingen.

Deze tekst verscheen eerder in een artikel in Product Magazine (de Jong, 2015)

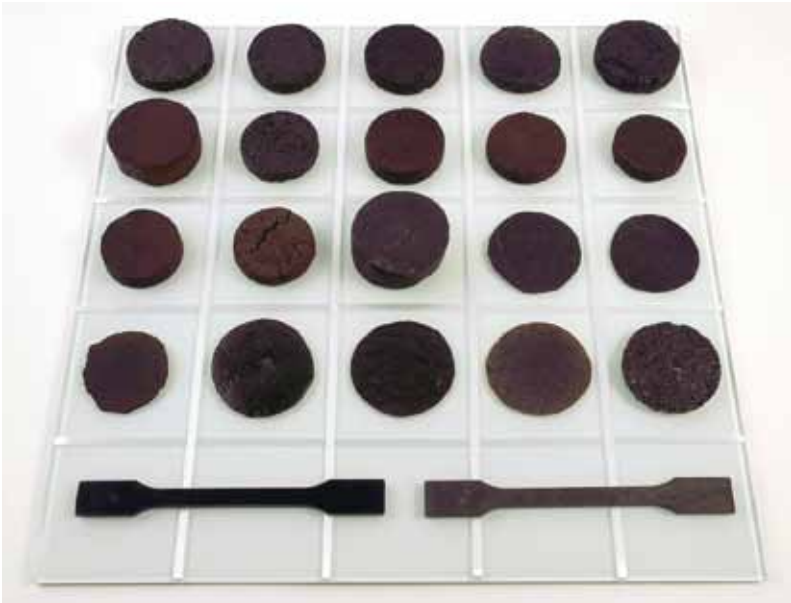


Foto: Overzicht van het palet aan kleuren, geuren en texturen welke is ontstaan door de toevoeging van diverse bindmaterialen.



Foto's: De eerste prototypes gemaakt met het koffiemateriaal.



5 MILIEU-IMPACT, KOSTEN EN BATEN

Een veelgehoorde reden om voor biobased plastics kiezen, is het reduceren van de milieu-impact. Andere aansprekende redenen zijn functionele voordelen of de biodegradeerbaarheid. Ook minder tastbare voordelen als esthetiek en imago kunnen de keuze voor biobased positief beïnvloeden. En ondanks het feit dat biobased plastics vaak hogere materiaalkosten hebben, kan de toepassing ervan ervoor zorgen dat de kosten over de gehele levensduur juist lager zijn. Bijvoorbeeld

doordat er geen kosten zijn voor verwijderen en afdanken, of omdat er minder materiaal nodig is.

Om inzicht te geven in hoe de verschillende voordelen afzonderlijk en in relatie tot elkaar te beoordelen zijn, gaan we in dit hoofdstuk eerst in op verschillende ontwerpstrategieën. Daarna gaan we specifiek in op het beoordelen van de milieu-impact, het inschatten van de kosten (of revenuen) en andere facetten.

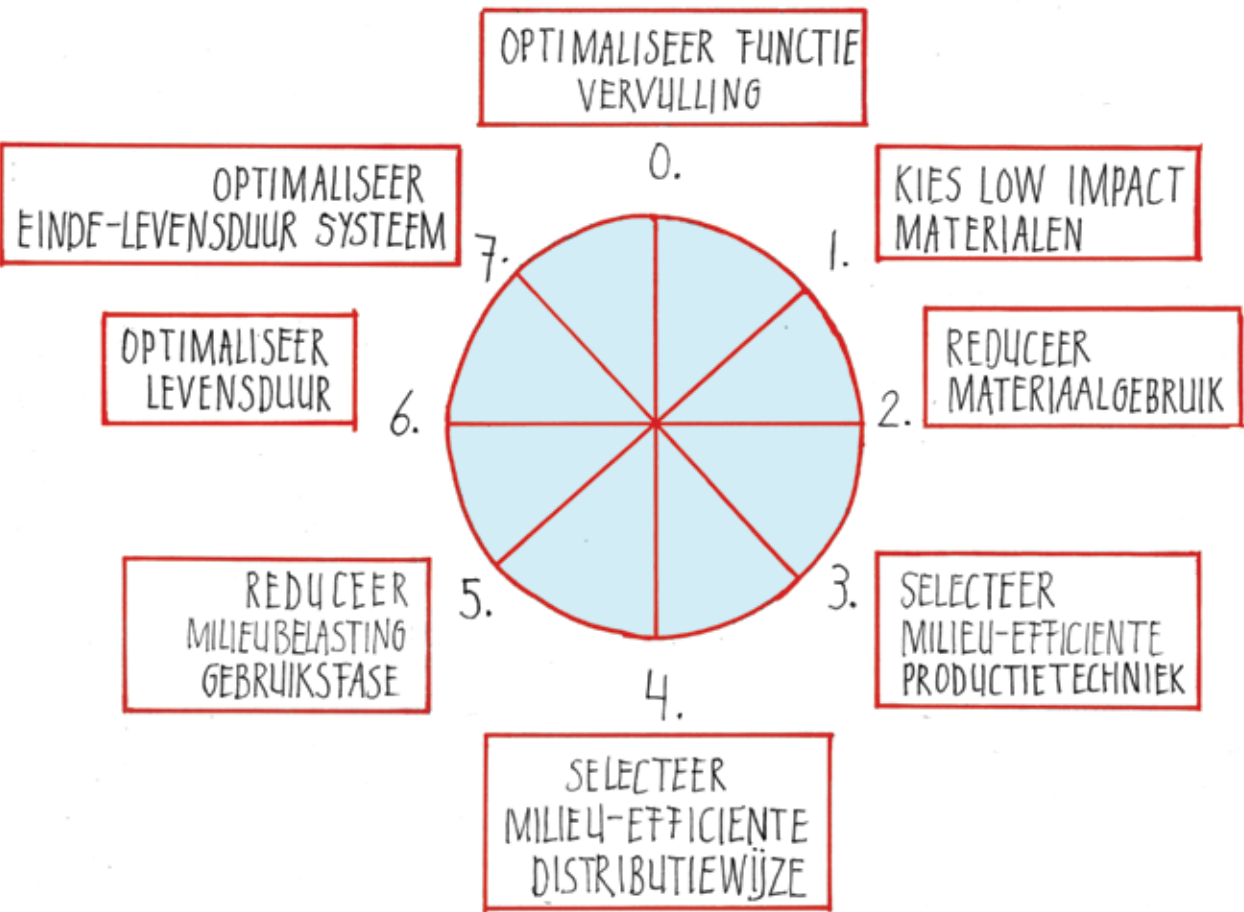
5.1 Kijken naar de gehele levensduur

Ieder product doorloopt vier levensfasen:

1. Ontstaan: het traject van ontwerpen, produceren en assembleren, verpakken en opslaan.

2. Verspreiden: het traject dat het product aflegt om bij de gebruiker te komen, inclusief vervoeren en tussentijds opslaan.
3. Gebruik: het hele proces waarin het product wordt gebruikt en alles wat er nodig is om het te onderhouden en te repareren.

4. Afdanken: het proces waarin we afscheid van het product nemen.
- Een handig hulpmiddel voor ontwerpers om de gehele levensduur in acht te nemen, al tijdens het ontwerpen, is het LiDs-wiel: een model ontwikkeld aan de TU Delft dat 8 eco-designstrategieën beschrijft (zie figuur 5.1).



Figuur 5.1 Het LiDs-wiel. (Bron: Brezet & Van Hemel, 1997)

Eén van de strategieën is het kiezen van low-impact-materialen, zoals biobased plastics, om daarmee de milieu-impact te verlagen. Daarnaast zijn er tal van andere keuzes die invloed hebben op de milieu-impact. Denk aan de hoeveelheid materiaal die je gebruikt, de productiemethode, de wijze waarop het product gedistribueerd en gebruikt wordt, en wat je nog meer kunt doen om de levensduur en het eindelevensduur-scenario van het product te optimaliseren.

Kernboodschap: met alleen het kiezen voor een biobased kunststof ben je er nog niet. Kijk naar de gehele levensloop van het product. En stel jezelf de volgende specifieke vragen:

1. Low-impact-materialen: kan er misschien gebruik gemaakt worden van een 'gerecycled' biobased plastic?

2. Materiaalgebruik: is door gebruik van biobased plastics ook de hoeveelheid materiaal te verminderen? En heeft het invloed op het gewicht van het product?

3. Milieu-efficiënte productietechnieken: kunnen we met dit materiaal kiezen voor een alternatieve productietechniek die minder milieu-belastend is? Zijn alle additieven en andere toevoegingen biobased?

4. Milieu-efficiënte distributiewijze: een product van biobased plastic verdient natuurlijk een verpakking die ook biobased is, of heeft misschien zelfs geen verpakking nodig? Kan het product in de buurt gemaakt worden, zodat minder transportkilometers nodig zijn?

5. Milieubelasting gebruiksfase: kunnen we door de toepassing van biobased plastics de milieu-impact tijdens gebruik verminderen? Denk aan een lager gewicht. Zijn eventuele benodigde hulp- of gebruiksmaterialen ook van biobased grondstoffen gemaakt, of beter nog: overbodig te maken?

6. Levensduur: is met de toepassing van biobased plastics de levensduur te verlengen, bijvoorbeeld door een sterke product-gebruiker-relatie?

7. Eindelevensduursysteem: wat is het eindelevensduurscenario van dit product? Past het scenario bij de bio-afbrekbare eigenschappen van het materiaal? Kunnen we het product of onderdelen ervan eerst hergebruiken en/of recyclen, voor afdanken en biologisch afbreken of verbranden?

Vragen gesteld en beantwoord? Doorvertaald naar ontwerp? Dan is het tijd om te beoordelen of het ontwerp ook daadwerkelijk minder milieubelasting veroorzaakt dan het oorspronkelijke product. En om te bepalen of het ook andere voordelen biedt.

5.2 Milieu-impact

Hoeveel 'beter' is een biobased plastic dan een conventionele, petrochemische plastic? Een methode die LCA heet, wat voor 'Life Cycle Assessment' (of .. Analysis) staat, doet daar graag een gooi naar. De methode bepaalt voor een gekozen product van elke stap in het productieproces (van grondstofwinning tot en met afvalwerking) hoe schadelijk deze is voor het milieu. Het stelt per productiestap vast wat de invloed is op onder andere de ozonlaag, het gehalte fijnstof in de lucht, het grondgebruik, algengroei, energiegebruik, waterverbruik, et cetera. Deze specifieke milieu-categorieën worden LCA 'midpoints' genoemd.

Nu kent het maken van een LCA diverse beperkingen. Om te beginnen zijn er meerdere aanbieders in de markt die elk hun eigen LCA-rekenmodel gebruiken, elk met een nét weer een iets andere set van gegevens. Waarvan het vaak niet bekend is of die gegevens recent nog geactualiseerd zijn.

Verder is het lastig om al de verschillende processtappen met al hun verschillende invloeden op al die verschillende gebieden op dezelfde – vergelijkbare – manier in kaart te brengen. Dit leidt er mede toe dat het laten uitvoeren van een officiële LCA kostbaar is. En dat terwijl deze uitsluitend geschikt is om een vergelijking te maken met een ander product (waarvoor dan ook hetzelfde LCA-rekenmodel gebruikt moet worden). Daarbij bevatten de meeste LCA-methoden van slecht enkele biobased plastics gegevens, namelijk PLA, PHA en TPS (Hottle, Bilec & Landis, 2013). Hierdoor zijn ze slecht bruikbaar voor ontwerpers en bedrijven die de toepassing van biobased plastics overwegen.

Om het beoordelen van de milieu-impact toegankelijker te maken, is de afgelopen jaren een aantal LCA-tools ontwikkeld die ontwerpers relatief eenvoudig zelf kunnen gebruiken. We behandelen er twee, die gegevens bevatten van meer dan een gemiddeld aantal biobased plastics.

The model of eco-costs/ Value Ratio

‘The model of Eco-costs / Value Ratio’, afgekort tot ‘het EVR-model’ (Vogtländer, 2012) combineert een milieu-impact-analyse met een economische haalbaarheidsanalyse. Om te beginnen inventariseert het als LCA-model per processtap welke milieuschade/ grondstofuitputting het ontwerp toebrengt aan een specifiek onderdeel van het milieu. Deze schade drukt het model uit in zogenoemde ‘eco-euro’s’ per kg. Deze eco-euro’s zijn te interpreteren als het bedrag dat de maatschappij betaalt om na uitvoering van de processtap weer terug te komen tot een voor de aarde acceptabel niveau van de betreffende midpoint.

Een voorbeeld: Als je voor elke 1000 kg uitgestoten CO₂ consequent 135 euro investeert in een offshore windmolenpark, dan dalen de CO₂-emissies met 65% ten opzichte van het niveau in 2008. Hierdoor neemt

de ‘global warming’ niet verder toe. Wat direct de reden is dat het model rekent met een eco-cost van € 0,135 per kg uitgestoten CO₂. Vergelijkbare berekeningen zijn te maken voor verzuring, bemesting, landgebruik, et cetera.

Het model is voor iedereen gratis toegankelijk op <http://www.ecocostsvalue.com>. De database op de website bevat regelmatig geactualiseerde eco-costs van vijf biobased plastics (CA, PHA/PHB, PLA, PTT, TPS). PTT staat voor Poly Trimethyleen Tereftalaat, een soort polyester.

Een mogelijk nadeel van het model voor de gebruiker is dat hij zelf eerst moet vaststellen in welke stappen het proces van productfabricage is op te delen, en welke midpoints per processtap van belang zijn. Om dat enigszins te ondervangen helpt EVR de ontwerpers met onderstaand schema (figuur 5.2).

LCA to go

LCA to go, www.lca2go.eu, is die andere snelle LCA-benadering, die ook vrij beschikbaar is voor iedereen. Het is ontwikkeld door een consortium van vooraanstaande Europese wetenschappelijke

instituten, onder leiding van het Fraunhofer Instituut. De tool richt zich met name op het MKB en kent enkele specifieke productcategorieën waaronder biobased plastics, elektronica en ‘smart textiles’.

LCA to go kent een beperkt aantal soorten biobased plastics (PLA, TPS, PHB, bio-PET en bio-HDPE/ bio-LDPE). De software bepaalt de milieu-impact op een met andere tools vergelijkbaar aantal midpoints, waaronder landgebruik, verzuring, bemesting, water footprint en carbon footprint. Het voordeel ten opzichte van het EVR-model is dat het de gebruiker aan de hand neemt door de processtappen. Hiervan zijn de volgende al opgenomen in het format: grondstofwinning – vervoer – verwerking – distributie – einde van leven.

Voor ieder product kun je per processtap specifieke waarden invullen, waarna het programma een score per midpoint en ook een totaalscore genereert.

5.3 Levenscycluskosten

Elke fase van de levensloop van een product vertegenwoordigt kosten. De theorie hierachter staat bekend als ‘LCC’ (Life Cycle Costing). Figuur 5.3 illustreert dit concept.

Zoals een LCA-analyse de milieu-impact bekijkt, zo beschouwt een LCC-analyse de per fase gerelateerde kosten. Het zal duidelijk zijn dat in beide analyses het verschil tussen petrochemische en biobased plastics leidt tot een verschil in milieu-impact en kosten. We bespreken de mogelijke verschillen hieronder per levensfase.

Ontstaan

Op de ontwikkelingskosten van biobased plastics heb je als ontwerper niet veel invloed. De investeringskosten in machines zijn voor ontwerpers nihil, de producent heeft namelijk al spuitgiet- of vacuümformmachines staan. De aanschaf van nieuwe mallen is voor biobased plastics niet duurder dan voor petrochemische plastics, dus op dat front heeft een keuze voor biobased kostentechnisch ook weinig impact. De opstart- en instelkosten daarentegen zijn veelal wel hoger. Dit komt doordat veel verwerkers nog maar weinig ervaring hebben in biobased plastics

en doordat ze de machines voor de (vooralsnog) minder gebruikte biobased materialen apart moeten instellen (zie ook hoofdstuk 6).

Verspreiden

De verspreidingskosten van biobased producten zullen meestal niet veel anders zijn dan traditionele producten, tenzij er heel expliciet andere keuzes gelden. Denk aan minder transportkilometers door een andere wijze van verspreiden, of het kiezen voor gebruik van schonere transportmiddelen, omdat dit beter bij het product past.

Gebruiken

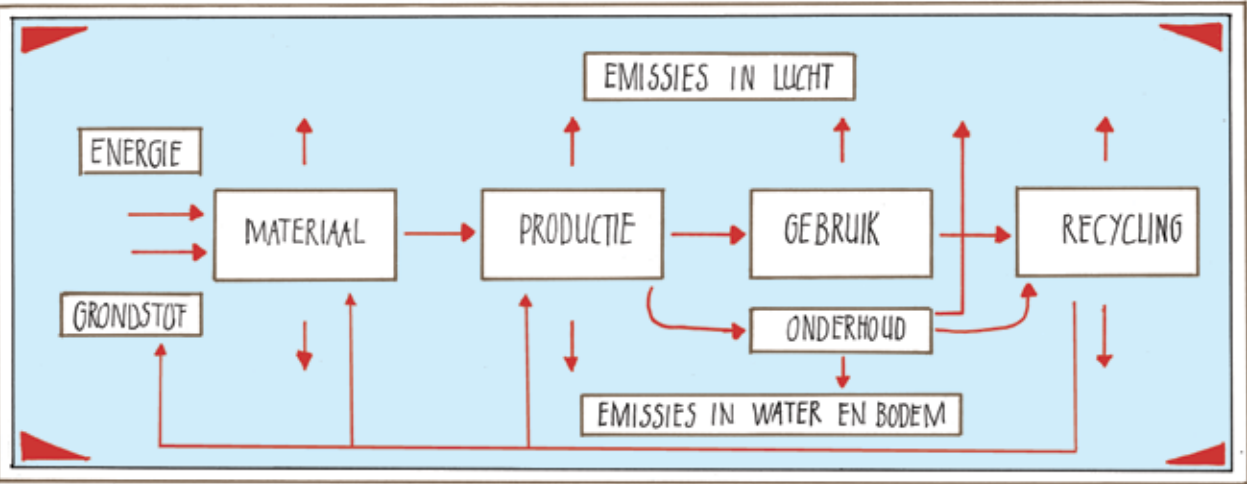
Het verschil in te verwachten kosten tussen de twee soorten kunststoffen komt voornamelijk tot uiting in de gebruiksfase en de afdankfase. De grondstofkosten zijn voor biobased plastics weliswaar hoger, maar dit is de fase waarin de totale productiekosten uiteindelijk lager kunnen uitpakken. Bijvoorbeeld omdat er minder reserve- of vervangingsmateriaal nodig is, of doordat het sterker is. Ook kunnen de operatingkosten lager uitvallen, zoals bij het boomanker van Natural Plastics (zie hoofdstuk 2). Of is de functionaliteit beter, zoals bij PLA vezels in kleding.

Afdanken

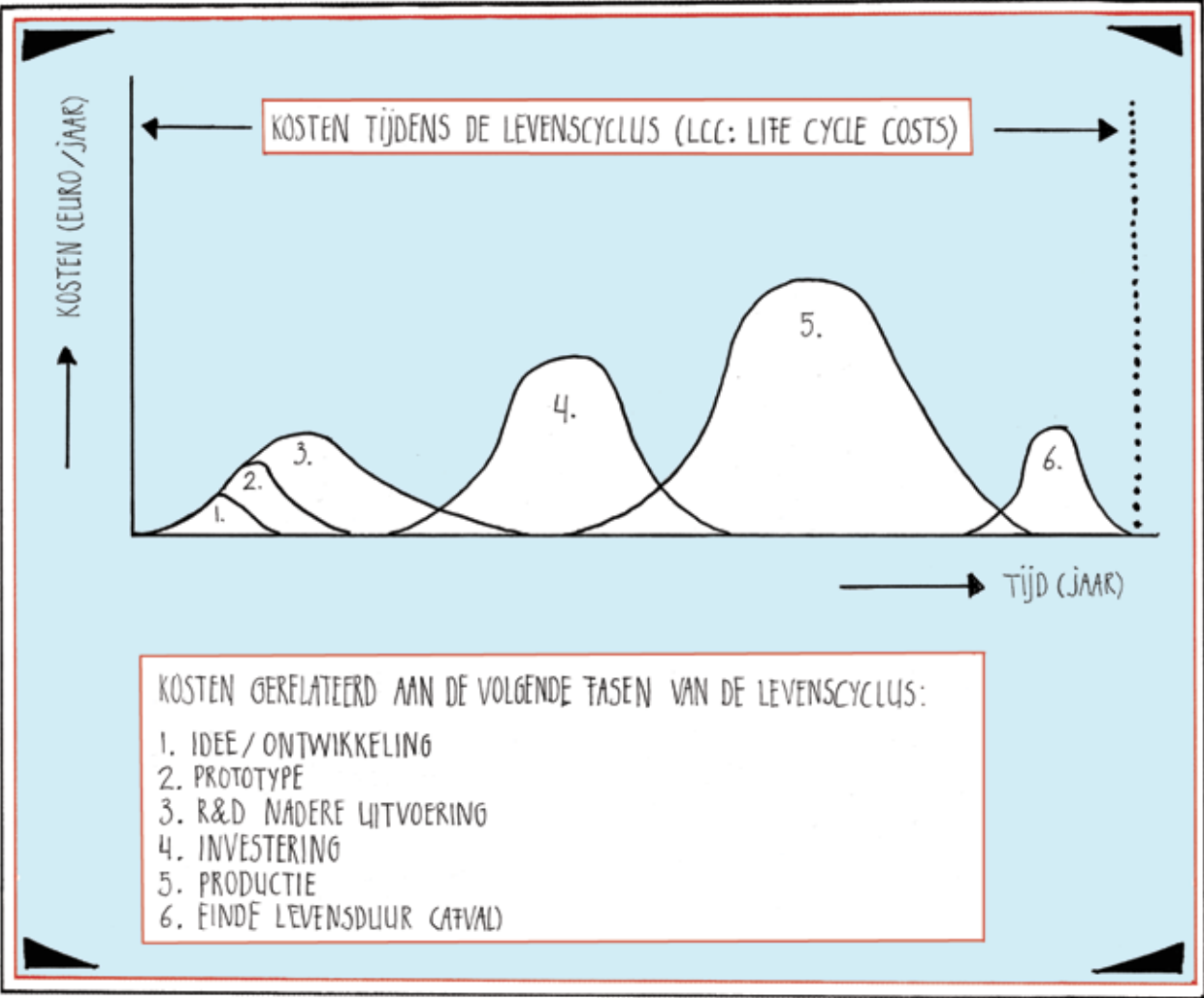
Ook in de afdankfase zie je regelmatig significante kostenverschillen tussen beide soorten kunststoffen. Zeker wanneer het gekozen biobased plastic biodegradeerbaar is, zijn de verwerkingskosten in de regel flink lager vergeleken met oliegebaseerde niet-biodegradeerbare alternatieven.

Al in de ontwerpfase verdient het natuurlijk aanbeveling om kritisch te kijken naar het logischerwijs te verwachten eindelevensduurscenario. Wordt het gecomposteerd in thuiscompost of in een industriële composteringsinstallatie? Is het herbruikbaar, of recyclebaar? Of belandt het als niet scheidbaar plastic alsnog in de verbrandingsoven waarmee het onderscheidend kostenvoordeel tenietgaat?

Meer informatie over deze en andere eindelevensduurscenario’s vind je in hoofdstuk 2.



Figuur 5.2 Opzet LCA-analyse volgens EVR-model (Vogtländer, 2012).



Figuur 5.3 Opbouw van levenscycluskosten (bron: <http://www.dtic.mil/pae/paeosg02.html>).

5.4 Toegevoegde waarde

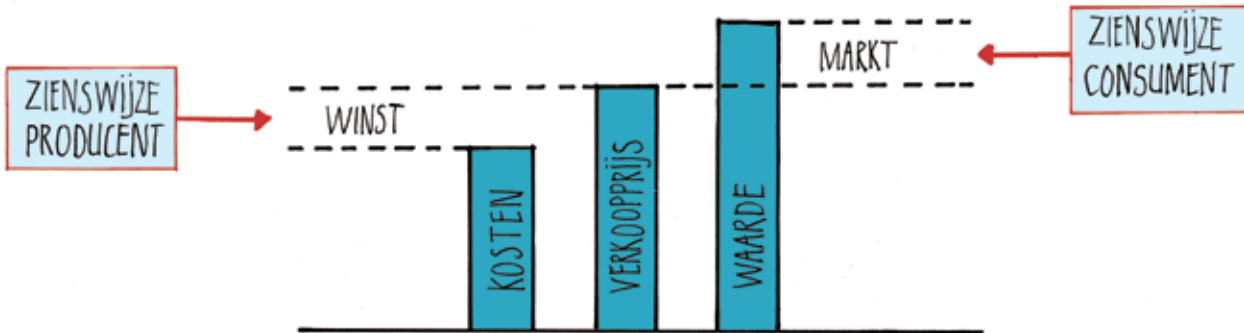
Naast een lagere milieu-impact en lagere levensduurkosten zijn er nog meer voordelen van biobased plastics denkbaar. Het toepassen ervan is bijvoorbeeld onderdeel van wet- en regelgeving of past simpelweg beter bij de strategie en het imago van het bedrijf. Of het product krijgt door het gebruik van biobased plastics een extra functionaliteit of een hele andere uitstraling. Deze extra toegevoegde waarde is vaak subjectief en is soms lastig in geld uit te drukken. Want wat is het effect van de positieve invloed (of het ontbreken van negatieve PR) op het bedrijfsimago in relatie tot het marktaandeel van het product?

Hoe het product overkomt op de consument en welke (emotionele) waarde dit voor hem of haar vertegenwoordigt, blijft hoe dan ook een factor om rekening mee te houden. Om de waarde ervan voor zover mogelijk toch te kwantificeren, kun je verschillende denkmodellen gebruiken. We bespreken er hier drie.

EVR-model
Vogtländer (2012) neemt de toegevoegde waarde mee in zijn EVR('Ecocosts/Value'-ratio)-model. Volgens hem moet je streven naar een lage EVR-ratio. Dat bereik je met zo laag mogelijke 'eco-kosten' en een zo hoog mogelijke 'waarde'. Als de 'waarde' van een product hoger is dan de prijs die de consument er voor moet betalen, koopt hij het. De 'waarde' is opgebouwd uit kwaliteit, service en imago. (Zie figuur 5.4).

Perceived Quality-model
Het Perceived Quality(PQ)-model van Garvin (zie figuur 5.5) beschrijft acht dimensies van productkwaliteit, aan de hand van meetbare kwaliteit, alsook het gevoel dat het product de gebruiker geeft.

Deze acht dimensies assisteren om het product, of productidee, op strategisch niveau te analyseren. Sommige van de acht kwaliteiten versterken elkaar, andere werken elkaar juist tegen. Ieder van de acht dimensies biedt een klankbord om te bepalen of



Figuur 5.4 Kosten, verkoopprijs en waarde (Bron: Vogtländer, 2012).

biobased plastics de voorkeur verdienen boven synthetische kunststoffen, of andersom.

Per dimensie geven we een voorbeeld (met in voorkomende gevallen een verwijzing naar eerder beschreven toepassingen):

1. Primaire werking: het vervult de primaire functie van het product beter , omdat het materiaal bioafbreekbaar is (boomanker).

2. Secundaire eigenschappen: het product biedt extra functionaliteit, omdat het materiaal lichter is.

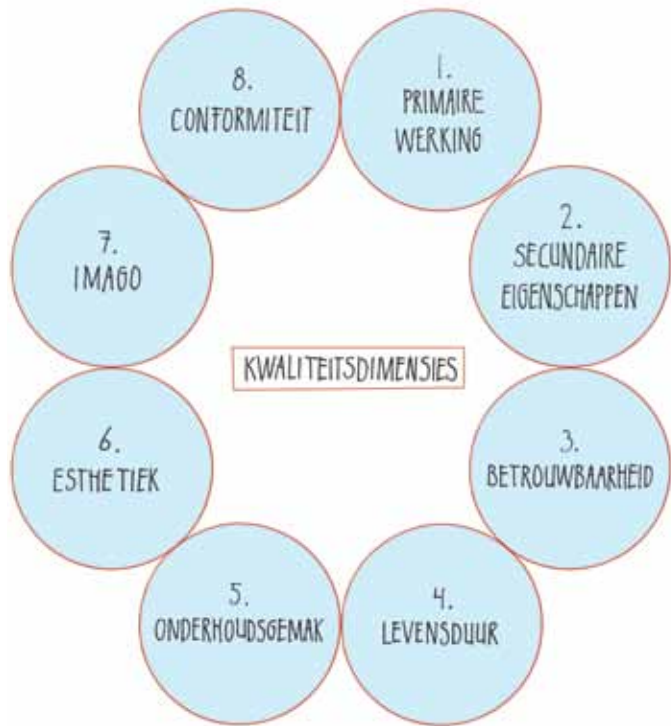
3. Betrouwbaarheid: de zekerheid waarmee het product de functie vervult is groter, doordat het materiaal betere barrière-eigenschappen heeft (de toekomstige Coca-Cola-fles van PEF).
4. Levensduur: de levensduur van het product is langer, omdat het materiaal sterker is of omdat het product meer emotionele waarde heeft.

5. Onderhoudsgemak: het gemak waarmee het product is te onderhouden of repareren, is groter.

6. Esthetiek: de manier waarop het product eruit ziet, aanvoelt, ruikt, klinkt en smaakt is beter, vanwege een unieke look & feel (servies van Superzozial).

7. Imago: het positieve gevoel of imagooordeel dat het product geeft is groter, vanwege het feit dat het van hernieuwbare grondstoffen is gemaakt (kleding van PLA).

8. Conformiteit: de mate waarin het voldoet aan standaarden is hoger, vanwege opkomende } milieuwetgeving (plastic tassen).



Figuur 5.5 Perceived Quality-model met acht kwaliteitsdimensies.

Quickscan

Om zonder een officiële LCA toch snel een indruk te krijgen van de milieu-impact, kosten en baten van een biobased plastic, ontwikkelde *'Design Challenges with Biobased Plastics'* een zogeheten quickscan. Een voor ieder toegankelijk en begrijpelijk rekenmodel dat een indicatie geeft van de milieu-impact van de gekozen grondstof en inzicht geeft in voordelen ervan. Dit ook weer in vergelijking met een petrochemische plastic.

De quickscan is deels gebaseerd op het EVR-model. De database met gegevens van biobased plastics is hierbij aangevuld met de eco-costs voor PEF, bio-PP, bio-PE en bio-LDPE. En de database wordt verder uitgebreid met de kosten van verschillende productiemethoden, om ook de investerings- en gebruikskosten (zie paragraaf 5.3) voor biobased plastics in kaart te brengen. Helaas is de uitwerking van dit model nog niet ver genoeg gevorderd om het al te kunnen publiceren.



Luke's Toy Factory



Granulaat

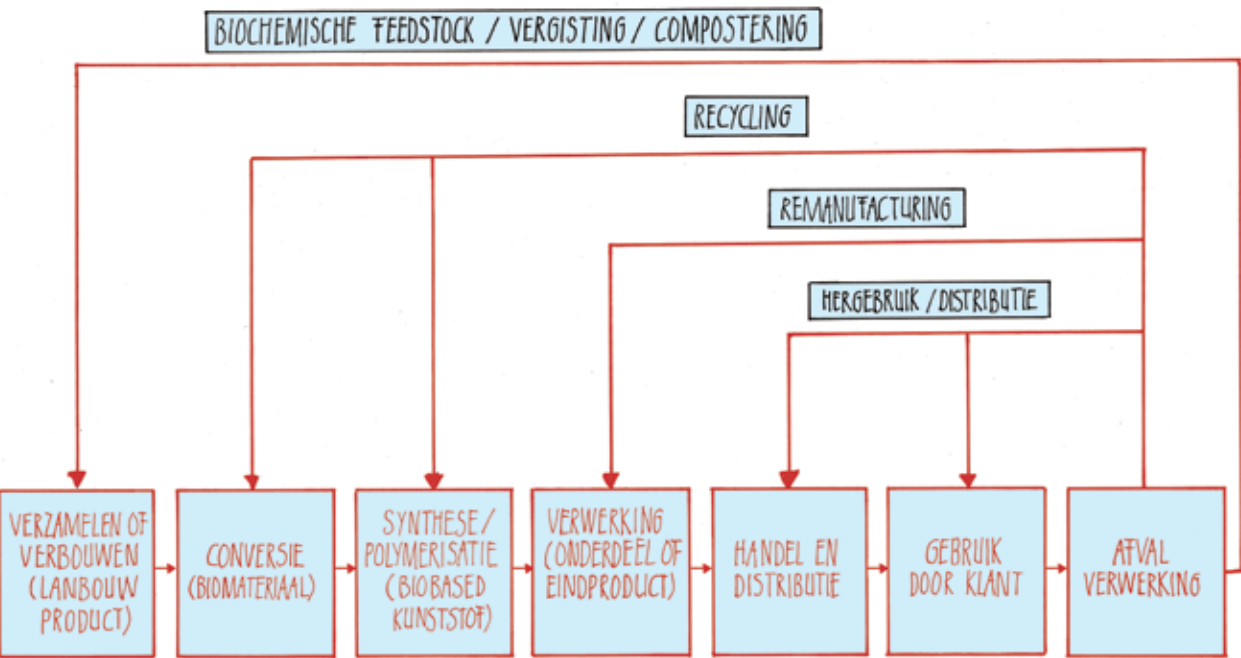
6 DE WEG NAAR PRODUCTIE

In dit hoofdstuk zoomen we in op de consequenties van de keuze voor een biobased plastic op de daadwerkelijke voortbrenging van productie van het product.

6.1 Experimenteren en prototypen

Om een ook in economische zin goed maakbaar product te ontwerpen, is het van belang dat de ontwerper inzicht heeft in de gehele waardeketen van biobased

plastics (zie figuur 6.1). Na een globale keuze van de soort biobased plastic, en de meest kansrijke productietechniek (als spuitgieten, vacuümvormen, persen, enz.), is het vervolgens verstandig om al in een vroeg stadium van de uitwerking een potentiële producent te benaderen.



Figuur 6.1 De biobased plastics waardeketen.

Kosten van prototyping

In het geval van unieke ontwerpen is het kostbaar om in een vroeg stadium al over te gaan op prototyping. Gelukkig is het veelal mogelijk om te experimenteren in bestaande gelijksoortige mallen. Dit helpt om een beeld te krijgen van de te verwachten proces-optimalisaties, gedrag van het materiaal tijdens verwerking, specifieke eigenschappen van het eindproduct en de eventuele risico's.

Meer goed nieuws komt uit de hoek van 3D-printen, de inmiddels bijna mainstream-technologie die in zeer hoge mate bijdraagt aan de verlaging van prototypingkosten.

Risico's

Het grootste risico bij productie is dat er mallen of andersoortige gereedschappen gefabriceerd worden, die in een later stadium niet of maar half blijken te voldoen. Ook kan het voorkomen dat een product van-

wege de keuze voor biobased grondstoffen opnieuw een prijzig certificatie-traject (bijvoorbeeld gericht op brandveiligheid) in moet. Deze risico's zijn meestal technisch wel op te lossen, maar tegen welke prijs? En lever je dan maar in op het gehalte biobased materiaal of op de functionaliteit?

De beperkte ervaring bij de aanbieders, producenten, gereedschapsmakers en productontwikkelaars van biobased plastics vergroot de risico's. Reden te meer om in een vroeg stadium het ontwerp te optimaliseren naar de beschikbare materialen en de productierandvoorwaarden. Op die manier kun je je, zo vroeg mogelijk in het proces, indekken tegen de voornaamste risico's.

Kiezen van de juiste partner

De verwerkers met ervaring hebben een goed inzicht in de beschikbaarheid van de diverse biobased

plastics en de bijbehorende verwerkingsmogelijkheden. Expertise die ze in de regel graag delen. Of klop eens aan bij gespecialiseerde ingenieursbureaus, productontwikkelaars of kennisinstellingen (zie kader op pagina 10). Neem verder ruimte op in budget en planning om te experimenteren en prototypes te bouwen,

zodat je het materiaal beter leert kennen. En houd er rekening mee, aangezien de nieuwe biobased plastic materialen enigszins anders zijn, dat het denkbaar is dat een nieuw ontwerp met nieuwe functionaliteit uiteindelijk beter voldoet dan het initiële ontwerpidee.

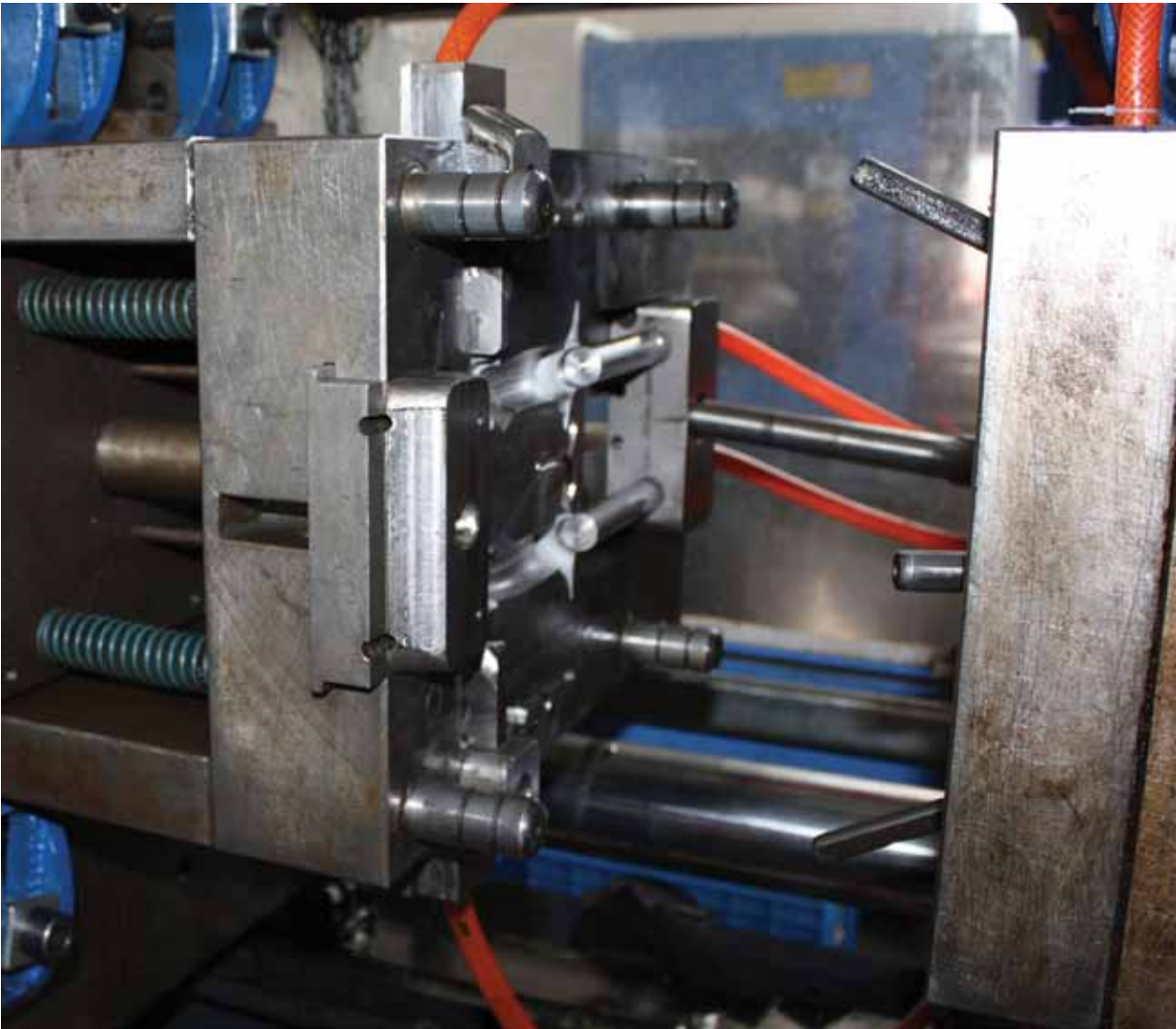


Foto: Voorbeeld spuitgietmatrijs.

6.2 Optimaliseren van eigenschappen

De eigenschappen van gekozen kunststoffen zijn te optimaliseren naar toepassing, en op basis van eisen en wensen van de klanten en gebruikers. Eigenschappen als kleur en glans, brandbaarheid, taaiheid, UV-bestendigheid, helderheid, geur, sterkte en stijfheid, gedrag tijdens productie, smeltpunt, vloeisterkte, etc. spelen daarbij een rol. Met biobased kunststoffen kun je z gezegd alle kanten op.

Blends, additieven en grades

Het gebruik van kunststof in een pure vorm, bestaande uit 100% van een bepaalde kunststof z nder bijmenging van additieven en andere kunststoffen, is zeldzaam.

Ter optimalisatie van de mechanische eigenschappen (als sterkte en stijfheid, rek, drukbestendigheid) zijn van de meeste kunststoffen blends verkrijgbaar, mengvormen van twee of meerdere kunststoffen. Kunststoffen gemengd met andere niet-kunststofmaterialen bestaan ook, dat zijn composieten.

In aanvulling kun je ook additieven, eveneens niet-kunststoffen, tijdens het compounceren toevoegen aan kunststoffen. Zoals minerale stoffen of pigmenten gericht op het veranderen van niet-mechanische eigenschappen: kleur, geur, brandveiligheid, etc. Bij additieven draait het om relatief kleine hoeveelheden toegevoegd materiaal (zeg 1 – 5%).

Zowel de materiaalleverancier als de materiaalverwerker zijn doorgaans in staat om additieven aan blends toe te voegen. Welke partij in de keten dit doet is afhankelijk van de gevraagde hoeveelheden in de markt, technische mogelijkheden en/of het feit dat verwerkers niet met alle additieven mogen werken.

Commercieel verkrijgbare blends m t specifieke additieven en wapeningsmaterialen noemen we grades. Veelal aangeboden onder handelsnamen of naar toepassingsgebied (food grade, medical grade) waarvoor deze dan gecertificeerd zijn.

Het gehalte biobased

Met het mengen met andere kunststoffen en additieven is nagenoeg elke gewenste eigenschap te realiseren of te benaderen, maar dit maakt de mogelijkheden ook wat onoverzichtelijk. Niet elke bijgemengde

kunststof of additief is namelijk biobased, wat leidt tot kunststofgrades en –blends die in meer of mindere mate biobased zijn. Vaak worden ook deze niet-100% biobased blends en grades wel als biobased vermarkt. In hoofdstuk 2 is aangegeven hoe keurmerken op dit vlak orde proberen te scheppen.

Het vinden van grades en blends

Er zijn diverse databases beschikbaar waarin informatie over meerdere grades en blends te vinden zijn. Veelal vermelden deze de leverancier, de handelsnaam, code en/of het artikelnummer van de blend, en een aantal mechanische eigenschappen. Bekende databases zijn onder meer:

- IDES database: www2.ulprospector.com
- MatWeb database: www.matweb.com
- Cambridge Engineering Selector CES EduPack (betaald)

De zoekmogelijkheden in deze databases zijn niet altijd geoptimaliseerd voor biobased kunststoffen. Het percentage biobased is nogal eens niet opgegeven vanwege commerciële overwegingen, of omdat deze niet constant is in verband met wisselende beschikbaarheid van de grondstoffen. Veelal dien je voor de omschrijving van de blend en het exacte aandeel biobased, de betreffende datasheet te downloaden of aan te vragen bij de leverancier.

6.3 Verwerkingstechnieken

Het verwerken van biobased plastics tot eindproducten is op hoofdlijnen gelijk aan het verwerken van synthetische plastics. Net als gangbare thermoplasten lenen ze zich prima voor spuitgieten, vacuümvormen, blazen, persen, walsen, extruderen, lasersnijden, et cetera. (Bron: Sustainable Materials, Processes and Production, R. Thomson, 2013)

Wel is de beschikbaarheid van, en kennis over, geoptimaliseerde blends en grades nog relatief beperkt. Verwerkers kennen de finesses van het werken met nieuw materiaal simpelweg nog onvoldoende. Het spel van kennisontwikkeling tussen toeleveranciers van materialen en verwerkers is bij biobased plastics nu eenmaal nog minder ver dan bij synthetische plastics.

Producenten en verwerkers van biobased plastics

De vooralsnog meest doeltreffende manier om een verwerker van bioplastics te vinden, is via de producent van de grondstoffen. Als je een keuze hebt gemaakt voor een bepaalde grade (bijvoorbeeld met de keuzetool uit hoofdstuk 3), vraag dan aan de producent welke verwerker ervaring heeft met de door jou gewenste manier van verwerken.

Ook zijn er diverse databases beschikbaar met informatie over fabrikanten van biobased plastic materialen, halffabricaten en eindproducten:

- International Business Directory for Innovative Biobased Materials: <http://bio-based.eu/iBIB/>
- European Bioplastics: <http://en.european-bioplastics.org/about-us/members-membership/members/>
- Holland Bioplastics; materiaalleveranciers: <http://www.hollandbioplastics.nl>

Waar grondstofproducenten gegevens van verwerkers snel delen, zijn leveranciers van eindproducten daar minder makkelijk in. Zij beschouwen verwerkers als leveranciers, die ze uit strategische overwegingen liever voor zich houden.

Tabel 6.1 geeft voor enkele veelvoorkomende biobased plastics een indicatie hoe deze zich globaal gedragen tijdens verwerking in vergelijking met synthetische plastics.

De grondstofleveranciers spannen zich continu in om zoveel mogelijk unieke grades te ontwikkelen voor specifieke verwerkingen. Daarbij streven ze ernaar om die zoveel mogelijk te laten lijken op ‘bekende’ plastic soorten. Zo gedraagt de PLA grade Bioplast 2203 zich vrijwel identiek aan HIPS (High Impact Poly Styreen); zie <http://www.biotec.de/bioplast/>. Met als grootste voordeel dat zowel ontwerpers als verwerkers weten wat ze ervan mogen verwachten.

Bij het verwerken van biobased plastics zijn er per verwerkingstechniek enkele specifieke aandachtspunten. We bespreken er enkele aan de hand van vier bekende verwerkingstechnieken.

Lasersnijden

Over het algemeen liggen de smelttemperaturen van biobased plastics wat lager dan van synthetische plastics. Voor het lasersnijden van biobased plastics betekent dat enerzijds een groter risico op verbranding, anderzijds een wat lager energiegebruik en de potentie om sneller te werken.

Vacuümvormen

Biobased plastics gedragen zich hier wel iets anders dan de synthetische plastics. Ze vertonen wat minder rek, verkleuren wat sneller (wit) en je moet rekening houden met een wat grotere kans op beschadiging/reksporen, mede vanwege de lagere smelttemperatuur. Een oplossing is het aanpassen van het ontwerp van het product en daarmee de vormmallen.

BIOBASED PLASTIC	LIJKT BIJ VERWERKING OP
PLA	TUSSEN PS EN PET
PHA	TUSSEN PE (ZACHT) EN PP (HARD)
TPS	TUSSEN LDPE EN PS
CA (CELLULOSE ACETAAT)	PC (POLY CARBONAAT)
PA-11	PP
PET=(POLY ETHYLEEN TERAFTHAALAT)	PET
BIO PET	PET
BIO PE	PE
BIO PP	PP

Tabel 6.1 Vergelijking biobased plastics met synthetische kunststoffen.

Persen

Ook hier is het grootste aandachtspunt de lagere smelttemperatuur van biobased plastics. De overige procesparameters (zoals vochtgehalte, hechting aan de mal en krimp) verschillen niet significant van synthetische plastics.

Spuitgieten

Om de smelttemperatuurissue bij spuitgieten te ondervangen, streven materiaalproducenten ernaar om hun grades specifiek voor deze verwerkingstechniek te maken. Neem een TPS grade Solanyl SP10241 van de firma Rodenburg (<http://www.biopolymers.nl/>).

6.4 Kansen in het verwerken van biobased plastics

Een kenmerkende verwerkingseigenschap van biobased plastics is de lagere smelttemperatuur. Dat heeft zo zijn nadelen, maar kent zeker ook voordelen. Het is één van de redenen waarom veel 3D-print-filamenten gebaseerd zijn op biobased PLA. Wat na het smelten in de 3D-printkop bij relatief lage temperatuur (150 ° Celsius) snel afkoelt naar een temperatuur waarbij het materiaal zijn vorm behoudt. Waardoor het mogelijk wordt om sneller te printen bij een lager energieverbruik.

Een huis 3D printen met bio-based plastics:

Hoe 3D printen met biomaterialen onze carbon footprint verlaagt en het de wereld radicaal zal veranderen.

Hoe zal 3D printen onze wereld veranderen? In het boek '3D Printing with Biomaterials', introduceren auteurs Ad van Wijk en Iris van Wijk de manier waarop 3D printen een duurzame en circulaire economie gaat realiseren met het gebruik van biomaterialen. Aan de hand van een voorbeeld wordt dit toegelicht: het 3D printen van een huis met bio-based plastics ,gemaakt van suikerbiet, resulteert in een vermindering van de carbon footprint met meer dan 60%.

Prof. Dr. Ad van Wijk vertelt: "Duurzame en circulaire producten kunnen gerealiseerd worden door 3D printen te combineren met biomaterialen. De combinatie van deze innovatieve technologie en nieuwe biomaterialen biedt vele synergetische voordelen." Het boek beschrijft twee systeeminnovaties die de wereld radicaal zullen veranderen: 3D printen en biomaterialen.

3D Printen voorkomt materiaal- en energieverstopping doordat er overal, alleen wat er nodig is en op tijd geproduceerd kan worden. Het is al mogelijk om met verschillende materialen te printen zoals metaal, keramiek, zand, synthetisch materiaal en zelfs eten en levende cellen. De materiaalkringloop kan worden gesloten door de printer te voeden met filament op basis van een biomateriaal zoals bio-based plastics. Plastics worden meestal vervaardigd uit olie, echter kunnen ze ook worden vervaardigd uit natuurlijke grondstoffen zoals suikerbieten en organisch afval. Bio-based plastics kunnen vrijwel geheel de op olie gebaseerde plastics vervangen. Dit is de tweede systeeminnovatie die beschreven wordt in het boek.

Een ander voordeel van het werken met lagere temperaturen is dat het benodigde gereedschap wellicht ook lichter en goedkoper kan zijn. Denk aan mallen van aluminium of specifieke legeringen in plaats van gereedschapsstaal. Of het gebruik van thermohardende kunststoffen in plaats van aluminium, of hout in plaats van modelkunststoffen. Het gereedschap slijt als het even meezit ook minder snel doordat de uitzetting per cyclus kleiner is.

Een lagere temperatuur betekent bovendien minder geuroverlast en er komen bij een materiaal als PLA geen schadelijke stoffen² vrij. Dat geldt natuurlijk niet voor alle

biobased plastics, dus controleer altijd zorgvuldig de specifieke blend en eventuele aanwezigheid van additieven.

Een laatste voordeel van de lage smelttemperatuur is dat er additieven en andere materialen zijn, die hogere smelttemperaturen niet aankunnen, die nu wel bij te mengen zijn. Zoals (biobased) stoffen met een aandeel water, als natuurvezels. Of natuurlijke pigmenten die anders boven een bepaalde temperatuur verkleuren, of natuurlijke geurstoffen die anders aroma hadden verloren.

Dit laatstgenoemde voordeel biedt wellicht ook kansen voor het bijmengen van reststromen (hoofdstuk 4.4).

2. De meeste PLA-filamenten zijn geschikt voor printen in een werkomgeving zonder extra ventilatiemiddelen.

Interview Dizzy Soederhuizen, Omefa

Dizzy Soederhuizen is commercieel directeur van Omefa, een in spuitgieten gespecialiseerde organisatie. Een bedrijf met veel ervaring, ook in het verwerken van biobased plastics. Genoeg om een realistisch beeld te kunnen scheppen van de voor- en nadelen van het werken met biobased plastics.

Vakmanschap

Om het spuitgietsproces soepel te laten verlopen dien je de twee belangrijkste parameters (temperatuur en snelheid) op elkaar af te stemmen. Dit is een 'trial and error'-proces, waarbij de informatie van de materiaalleveranciers als vertrekpunt fungeert. Deze gegevens, gecombineerd met de materiaalverwerkingservaring, staan op hun beurt weer aan de basis van de mallen die Omefa maakt.

Alhoewel de leveranciers van biobased plastics meer en meer informatie ter beschikking stellen, blijft 'ouderwets' vakmanschap bij de verwerkers troef. Honderd jaar ervaring met synthetische plastics van zowel ontwerpers, producenten, mallenmakers als verwerkers zet je tenslotte niet zomaar overboord. Sterker nog: het vakmanschap is juist nodig om te kunnen werken met de nieuwe materialen, waar minder vaak formele testcertificaten voor beschikbaar zijn. De spuitgieter moet relatief veel zelf uitzoeken, wat de opstartkosten van biobased plastics producten verhoogt.

Zo is op het moment het afstemmen van de warmtehuishouding nog een proces van veel proberen. De zogenaamde 'hotrunner'-techniek wordt als gevolg nog maar mondjesmaat toegepast bij het spuitgieten van biobased plastics. Wat de opstartkosten ook niet ten goede komt, is de beperkte beschikbaarheid van brandveilige of foodproof grades per soort biobased plastic, inclusief formeel certificaat. En de al even beperkte beschikbaarheid van biobased additieven, kleurpigmenten en losmiddelen voor soepele lossing uit de mallen.

Samengevat is het sourcen van de grondstoffen tijdrovend, moet de spuitgieter er rekening mee houden dat biobased plastic producten om een wat grotere lossingshoek vragen, dat ze wat meer aansluitpunten behoeven, en moet hij rekening houden met wat grotere spanningen in het materiaal.

Functionele meerwaarde

Ondanks die extra inspanningen is Dizzy Soederhuizen enthousiast over het toepassen van biobased plastics. Vooral daar waar de eigenschappen van de biobased plastics ten gunste komen van de functionaliteit van het product. Een voorbeeld zijn de boomankers van Natural Plastics (zie pagina 26).

De vormgeving van de boomankers is zodanig dat ze optimaal in biobased plastics te maken zijn (dik en stevig, grote lossingshoek), en de biologische afbreekbaarheid van de producten geeft een functioneel voordeel. Geen wonder dat Omefa ze met veel plezier en een duurzaam goed gevoel, in grote aantallen produceert.

Een biodegradeerbare kweekpot

Het kweken van groene kamerplanten vergt het nodige werk en onderhoud, voornamelijk wanneer je de planten vanuit de eerste kweekfase verpot voor de tweede kweekfase. Het verpotten kost een reeks handelingen en zorgt voor een afvalstroom van kleine kunststof kweekpotten. Potten die niet meer te hergebruiken zijn vanwege de aanwezigheid van schimmels en bacteriën. Wat weer een proces van verzamelen, afvoeren en verwerken betekent.

Om deze inefficiënte processen tegen te gaan, werkt kwekerij Elstgeest samen met de HvA aan een kweekpot die in de loop van de kweekfase afbreekt. Een kweekpot die in de eerste kweekfase van 11 weken intact blijft, en die tijdens de tweede kweekfase zo snel mogelijk afbreekt, zodat de wortels doorgroeien zonder te beschadigen. Ideaal om het verpotten van groene kamerplanten te vereenvoudigen en om de reststroom van kleine kunststof kweekpotten te reduceren en/of tegen gaan.

Op dit moment zijn er al vele soorten biodegradeerbare kweekpotten op de markt, voornamelijk bestaande uit vezels. Deze kweekpotten zijn gericht op de consument of de boomteelt en minder op de sierteelt, dus niet geschikt voor Elstgeest. Vele varianten zijn bovendien niet geschikt voor machinale verwerking, en zijn prijzig vergeleken met conventionele kweekpotten, waardoor ze nog niet grootschalig aftrek vinden.

Inmiddels zijn er ook enkele kweekpotten gemaakt van bioplastics, helaas zijn deze alleen composteerbaar en nog niet biodegradeerbaar. Doordat de vraag naar goedkope biodegradeerbare kweekpotten steeds groter wordt, zijn doorbraken mogelijk in zicht. Tot die tijd heeft de toenemende vraag vooral nadelige gevolgen op onderzoek naar innovaties, omdat partijen weinig tot niets prijs willen geven aan kennis en informatie.

Ilana Visser (student Product Design), studeert af op een vraag van Elstgeest naar biodegradeerbare kweekpotjes

Nockstone is ontworpen en ontwikkeld door Melle Koot en Volken de Vlas in samenwerking met partner Pezy. (<http://www.nockstone.com>)



7 DE TOEKOMST

Het is vooral de verpakkingsindustrie die de verwachtingen rondom biobased kunststoffen op dit moment waarmaakt, met een scala aan 'disposables'. Hoogste tijd voor biobased 'durables' om die achterstand in te halen.

7.1 De markt

Geschiedenis

De eerste kunststoffen die we kennen waren bio-based. In 1860 werd cellulose nitraat uitgevonden (Shen, 2009), toegepast in filmrollen. Biljartballen van cellulose volgden. Lego-steentjes van cellulose-acetaat. Biobased kan bogen op een roemrucht verleden.

'Pas' na de eerste wereldoorlog ontdekten we hoe je plastic uit aardolie maakt. De eerste aardoliegebaseerde kunststof was bakeliet (PF, Phenol Formaldehyde), toegepast in de behuizingen van radio's en telefoons. Daarna ging het hard met de ontwikkeling en kwamen er vele kunststoffen op de markt. Waarbij nylon (PA, Poly Amide) in het bijzonder de show wist te stelen.

Rond 1980 ontstaat er opnieuw interesse in bioplastics met een focus op biodegradeerbaarheid. Rond 2000 verlegt de focus zich naar biobased plastics, kunststoffen gemaakt van hernieuwbare grondstoffen. En ten tijde van deze publicatie hebben we alweer de nodige stappen gemaakt.

In eerste instantie werd voor de productie van biobased plastics gebruik gemaakt van voedselbronnen als mais, zetmeel en rijst. Maar door toename van het ‘food-versus-fuel’ debat is de focus verschoven naar productie op basis van reststromen van de hou-, papier- en voedselindustrie en zelfs van stengels en gemeentelijk snoeiafval (Babu, O’Connor & Seeram, 2013).

Toepassing in disposables

Je vindt biobased plastics nu toegepast in disposables, met name in verpakkingen. Een toepassing die 65% van de bioplastics in 2014 vertegenwoordigt (FMI, 2015). Een toepassing die in veel gevallen bij voorkeur ook biodegradeerbaar is, vanwege de korte levensduur van het product en de wijze van afdanken.

De belangrijkste toepassingsgebieden voor disposables zijn op dit moment (Thielen, 2012):

- Verpakkingen, denk aan de biodegradeerbare afvalzakjes voor groenteafval, yoghurtbekers van PLA, shampooflessen van bio-PE en geschuimde verpakkingen van TPS.
- Servies en bestek voor cateringdoeleinden, vaak gemaakt van composteerbare biobased plastics zoals PLA en TPS, die samen met de voedselrestanten op te ruimen zijn.
- Producten voor de land- en tuinbouw. Potjes, landbouwplastic, netten die in de grond afbreken, trays voor planten en plantenbinders, en clips die meekunnen in de composthoop. En medisch producten: capsules (TPS) en chirurgische materialen die in het lichaam moeten afbreken en hygiënische producten zoals luiers, bedmatten en wegwerphandschoenen.

Toepassing in durables

De disposables mogen dan grotere populariteit genieten, er zijn steeds meer mogelijkheden voor durables: de meer blijvende toepassingen. Onder meer in de volgende sectoren:

Sectoren en productgroepen biobased durables

- Textiel, hier is PLA een veel toegepaste biobased plastic vanwege het draagcomfort.

- Consumentenelektronica, met producten als toetsenborden, muizen, behuizingen en componenten van mobiele telefoons of notebooks (eco-notebook van Fujitsu).
- Automobiellindustrie, in niet constructieve delen als interieuronderdelen van met vezels versterkt PLA en bijvoorbeeld slangen en connectoren voor brandstoffen van PA-11.
- Sportsector, denk aan biodegradeerbare golftee’s en golfballen, en bijvoorbeeld skischoenen.

Ook in de volgende productgroepen is de durable toepassing van biobased plastics in opkomst:

- Keukenartikelen, zoals servies dat gewoon in de afwasmachine kan.
- Speelgoed, artikelen die de kans lopen ergens in de natuur achter te blijven zoals bootjes en speelgerei voor in de zandbak of op het strand.
- Kantoorartikelen, van nietmachines en pennenbakken tot laptopstandaards.
- Meubilair, als kuipstoelen, of kunststofonderdelen met houtvezels voor gebruik in meubilair.
- Bouwproducten, denk aan de toepassing van wandpanelen en geluiddempende panelen.

Marktverwachtingen

Conventionele, oliegebaseerde kunststoffen domineren momenteel de markt. Biobased kunststoffen maken slechts beperkt deel uit van de wereldwijde kunststofconsumptie. Nova Institute (2015) gaat uit van 2% groei nu naar meer dan 4% in 2020. De grootste groeiers zijn de drop-in bio-PET en de nieuwe biobased plastics PLA en PHA.

De markt groeit gestaag: de Europese bioplastics markt met 20% per jaar. De verwachting is dat de toepassing van biobased plastics flink zal toenemen in de eerdergenoemde sectoren en productgroepen, en dat in 2020 10 tot 30% van de kunststofmarkt bestaat uit bioplastics.

Ontwikkeling van milieuwet- en regelgeving, en milieudoelstellingen met betrekking tot een biobased economie zullen een verdere bijdrage leveren aan de groei. Gericht op disposables is in sommige landen al enige wet- en regelgeving van kracht. De drijfveer voor toepassing van biobased plastics in durables zal in eerste instantie vooral moeten komen vanuit de fabrikanten zelf, al dan niet onder druk van consumenten.

7.2 De prijs

Een wezenlijk struikelblok voor de toepassing van biobased kunststoffen is momenteel de prijs. Bij de drop-ins ligt deze nu nog 2 tot 4 keer hoger dan de oliegebaseerde equivalenten. Door hogere kosten voor de grondstoffen en additieven, en door hogere verwerkingskosten. Voor biodegradeerbare biobased plastics is de hogere materiaalsprijs minder problematisch, omdat de totale systeemkosten (life cycle costs inclusief end-of-life costs) lager kunnen uitvallen, zoals het geval is bij het biodegradeerbare, ondergrondse boomanker van Natural Plastics (zie hoofdstuk 2).

De verwachting is dat de kostprijs van biobased plastics in de toekomst daalt. Onder andere door:

- uitbreiding van productiefaciliteiten;
- toename van de kennis van en ervaring met de verwerking;
- betere beschikbaarheid van de grondstoffen;
- gebruik van goedkope vulstoffen.

Toenemende prijzen van oliegebaseerde grondstoffen betekenen een tweede stimulans voor de groeiende toepassingen van biobased kunststoffen. Versneld door:

- groeiend groen bewustzijn van consumenten;
- opkomst van wet- en regelgeving;
- toenemende prijzen van verwerking van afval;
- bredere bekendheid en acceptatie van biobased kunststoffen.

Hoe groter de schaal waarop biobased plastics toepassing vinden, hoe goedkoper ze uiteindelijk zijn (economy of scale).

7.3 De eigenschappen

De komende jaren zal het huidige aanbod van biobased plastics en additieven nog kwantitatief en kwalitatief verbeteren. Een aantal ontwikkelingen staan hieronder uitgewerkt.

Verbetering van materiaaleigenschappen

Onderzoek naar en doorontwikkeling van biobased kunststoffen vinden volop plaats op het gebied van de zogenaamde drop-ins; veelal het terrein van grote kunststofproducenten. Tegelijkertijd zijn ook materiaalontwikkelaars de eigenschappen van de nieuwe biobased kunststoffen zoals PHA en PLA verder aan het verbeteren, documenteren en certificeren.

Verbeterslagen betreffen zowel de unieke eigenschappen van deze kunststoffen zoals look & feel, geluiddemping en biodegradeerbaarheid, alsook de meer gebruikelijke technische eigenschappen zoals sterkte en stijfheid, UV-bestendigheid en brandveiligheid. Aanvullend vinden er volop ontwikkelingen plaats rond blending, compounding en het toevoegen van fillers (bijvoorbeeld biobased materialen verrijkt met textiele reststromen).

De biobased plastics hebben nog niet de lange geschiedenis en economy of scale van de petrochemische plastics. Wat deels in hun voordeel spreekt, omdat kennis niet van de grond af aan opgebouwd hoeft te worden, zoals dat vroeger bij de ontwikkeling van de petrochemische plastics het geval was. Verbeterslagen in materiaaleigenschappen zijn in dat licht soms een kwestie van de juiste persoon een mailtje sturen.

Verbetering van verwerkingstechnieken

De komende jaren ontwikkelen we meer en meer kennis over de verwerking van biobased plastics. Vooral rondom het optimaliseren van bestaande verwerkingstechnieken. Verwerkers die vooroplopen in het toepassen van biobased plastics vervullen op dit terrein samen met de materiaalproducenten een voortrekkersrol. Tegelijkertijd blijft 3D-printen met biobased plastics als PLA (en ook TPS) sterk groeien, wat voor meer en nieuwe toepassingen zorgt.

Ontwikkeling van (betere) bio-additieven

Voor synthetische kunststoffen zijn diverse additieven verkrijgbaar. Van weekmakers en stabilisatoren tot pigmenten en vlamvertragers. Additieven voor bio-based plastics zijn daarentegen nog een opkomende markt. Zeker biobased additieven zijn nog maar heel beperkt beschikbaar. Door de marktverwachtingen voor biobased plastics zie je wel dat steeds meer partijen (universiteiten, bedrijven) onderzoek naar bio-additieven doen. Deze ontwikkeling helpt ook om het aandeel biobased in de biobased plastics te verhogen. Op naar de 100%!

7.4 Nieuwe biobased kunststoffen en toepassingen

Niet alleen de eigenschappen van bestaande biobased plastics worden verbeterd, ook de ontwikkeling van nieuwe biobased plastics is nog in volle gang.

Nieuwe biobased plastics

Tal van grote bedrijven investeren aanzienlijk in nieuwe drop-ins, de bio-equivalenten van synthetische kunststoffen. Zo werkt Solvay aan de ontwikkeling van bio-PVC, en zet Mitsubishi in op bio-polycarbonaat. Toch is de belofte van de ontwikkeling van nieuwe (niet-drop-in) biobased kunststoffen net wat groter. Vanwege de unieke eigenschappen, of combinatie van eigenschappen, die deze kunststoffen vaak met zich meebrengen kunnen deze nieuwe toepassingsmogelijkheden bieden (Babu ea, 2013).

Biobased schuim

Een voorbeeld van een nieuw biobased schuimende kunststof is Plantics. Deze is per toeval ontdekt aan

de Universiteit van Amsterdam. Een biobased en biodegradeerbaar materiaal dat oplost in water en daardoor vooral geschikt is voor tijdelijke producten, maar ook goed toepasbaar is in combinatie met andere biobased materialen.

Een andere nieuwe biobased plastic is Biofoam van Synbra / Synprodo. Een PLA-gebaseerd schuim met vergelijkbare eigenschappen als piepschuim (EPS, Expanded Poly Styreen), maar dan biodegradeerbaar. Goed toepasbaar in verpakkingen en als isolatiemateriaal, of als kern voor surfboards.

Composieten van biobased plastics en reststromen

Ook composietleveranciers ontwikkelen, demonstreren en testen meer en meer met biobased combinaties. In toenemende mate kijken ze hierbij naar het gebruik van reststromen uit de agrisector. En textiele reststromen in combinatie met biobased plastics bieden op hun beurt weer interessante perspectieven vanwege de unieke look & feel die ze in potentie aan een nieuwe generatie kledingmaterialen te bieden hebben.

Bijkomend voordeel van het bijmengen van reststromen in biobased plastics is dat het kosten drukt, wat tal van business cases ten goede komt.

Productontwikkeling

De bekendheid van biobased plastics neemt toe doordat er steeds meer toepassingen worden ontwikkeld. Als gevolg daarvan neemt ook de bekendheid van het werken met biobased plastics toe. Er komen zo voortdurend meer ontwerpen op de markt met een glansrol voor biobased plastics in geoptimaliseerde toepassingen.



Voorbeeld biocomposiet.

Biocomposieten

www.huisveendam.nl,
www.nabasco.nl,
www.solidwool.com,
www.nfcdesign.org, kollamat van
www.bader-leather.de

Experimenteren met Plantics

Plantics (voorheen Glycix) is een 100% biologisch afbreekbare, schuimende kunststof gemaakt uit glycerol en citroenzuur. Het is ontwikkeld door de UvA en onderzocht op toepassingsmogelijkheden door de HvA.

Onder invloed van water ontleedt Plantics weer in glycerol en citroenzuur. Door deze eigenschap wordt het materiaal op den duur zacht, afhankelijk van de vochtigheid van de omgeving en de dichtheid van het materiaal. Dit maakt het geschikt voor producten die weer moeten verdwijnen en geen schade mogen aanrichten aan het milieu. Een oplossing voor al de problemen die de huidige plasticsoorten veroorzaken!



Koffietafel.

Op zoek naar geschikte toepassingen vroeg de UvA de HvA om met het schuim een conferentietafel te maken. Het ontwerpen en maken van deze tafel heeft door experimenteren veel inzichten in de verschillende eigenschappen en verwerkingstechnieken van het nieuwe materiaal gegeven. Zo experimenteerde de HvA met de uiteindelijke dichtheid en vorm van het schuim (kleine / grote bellen, verdeling van bellen) door te variëren met de verhoudingen basismateriaal, vorm van de mal en toegevoegde katalysatoren.

Tijdens het experimenteren bleek dat de meeste materialen zich goed aan Plantics hechten. Het blijkt daarmee een lijmstof die weer loskomt onder invloed van water! Zo kun jwe hout met staal en glas probleemloos samen verlijmen. Van deze eigenschap is gebruikgemaakt bij de productie van de conferentietafel. Verder bleek Plantics kleurstoffen van andere materialen over te nemen zoals de paarse kleur van de purperharten houtsoort. Van deze eigenschap is gebruikgemaakt bij de productie van een aantal koffietafels.

Dunne platen van Plantics bleken vervolgens prima dienst te doen als vervanger van glas in verlichting. Met als voordeel dat de warmte van de verlichting het materiaal beschermt tegen vocht opname. Meer gevonden toepassingen zijn schuimblokken, die dienen als zittingen van stoelen en krukjes (vervanger van Polyether-schuim). En blokken in de vorm van hardschuim als isolatiemateriaal of bouwblokken.

Een product dat gebaat is bij de eigenschappen die Plantics in schuimvorm biedt, is bijvoorbeeld een doodskist. Deze kan geproduceerd worden door Plantics op te schuimen in een mal of verspanend te bewerken uit een blok hardschuim.

Het verwarmd persen van Plantics, in combinatie met verschillende reststromen, is een volgende onderzoeksgebied aan de HvA. Omdat Plantics over lijmachtige kwaliteiten beschikt, vormt het bij mengen en persen een plaatmateriaal wat dezelfde eigenschappen heeft als wat je in keukendeurtjes en -lades aantreft. Plantics zou op deze wijze een groot aantal materialen en reststromen biomassa kunnen verbinden tot halffabricaten.

Zie ook artikel in Product Magazine (ten Kate, 2015).

7.5 Bijdrage aan een biobased en circular economy

De toepassing van biobased plastics draagt een-op-een bij aan de transitie naar een biobased economie, een economie die draait op hernieuwbare grondstoffen voor niet- voedsel toepassingen. Biobased plastics kunnen echter ook bijdragen aan een circulaire economie.

De circulaire economie

De circulaire economie (EMF, 2013) stoelt op 2 principes: gebruik van hernieuwbare materialen (zoals biobased plastics) en hergebruik van materialen (bijvoorbeeld reststromen) in een nieuwe toepassing, eventueel in een andere industrie. Principes die biobased plastics op het lijf geschreven lijken te zijn.

EMF noemt drie essentiële bouwstenen om te komen tot een circulaire economie: circulaire ontwerp-principes voor productdesign en productie, nieuwe business-modellen en het bouwen van hergebruik-cycli. Een eerste grote studie naar ontwerpprincipes voor circulaire producten, in relatie tot business-modellen, is onlangs afgerond en gepresenteerd door de TU Delft (Bakker ea, 2014).

Eindelevensduurscenario's

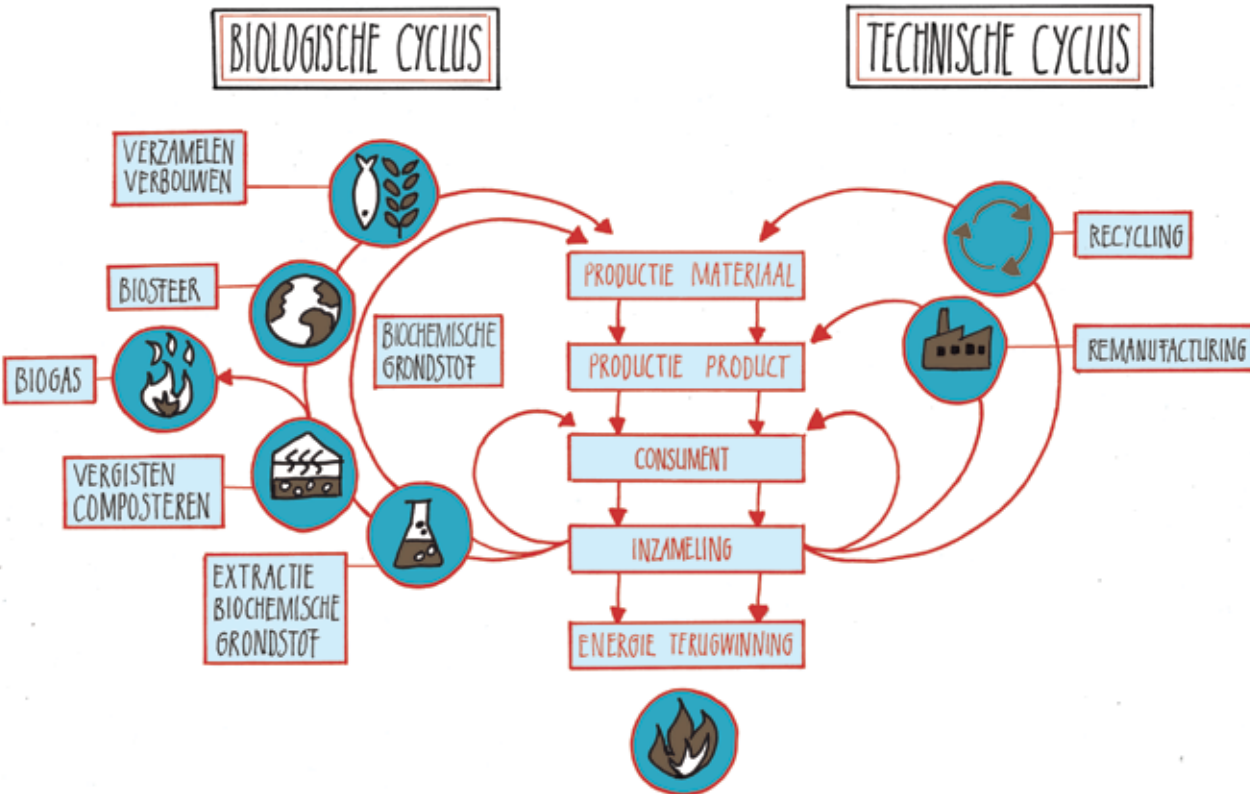
Mogelijke eindelevensduurscenario's voor uiteenlopende materiaalcombinaties met biobased plastics

zijn hergebruik, recycling (mechanisch dan wel chemisch), compostering (in geval van biodegradeerbare biobased plastics) en verbranding (waarbij de energie-inhoud alsnog nut heeft). Hergebruik heeft in alle gevallen logischerwijs de voorkeur. Daarna is recycling het minst schadelijk voor het milieu vanwege de verlenging van de materiaallevenscyclus, wat de overall materiaalconsumptie verlaagt en de carbon footprint verkleint.

De te verwachten milieu-impact van al dan niet te optimaliseren eindelevensduurscenario's verschilt per toepassing. Een manier om ze in kaart te brengen is om de impact te vergelijken met alternatieve scenario's voor de gebruikte materiaalcomponenten. Zo wordt bij het mengen van reststromen met aardoliegebaseerde plastics, de herbruikbaarheid van de plastics waarschijnlijk slechter. Het gebruik van biobased plastics kan dan een alternatief zijn om op een verantwoorde-lijkere manier deze materialen te combineren.

Tot slot

Verwachte ontwikkelingen die de adoptie van biobased kunststoffen verder gaan stimuleren zijn lagere prijs en betere beschikbaarheid, verbetering van eigenschappen en de creatie van nieuwe bio-based kunststoffen. Met nieuwe mogelijkheden, voor bestaande producten én geheel nieuwe toepassingen. Waardoor biobased kunststoffen in toenemende mate bijdragen aan een biobased circulaire economie.



Figuur 7.1 Biobased plastics in de circulaire economie (gebaseerd op EMF, 2013).

Geluidsscherm van biobased plastics

Voor het nieuwe duurzame onderwijsgebouw van domein Techniek van de HvA, het Rhijnspoor-gebouw, doet Lianne Jasperse onderzoek naar het functioneel toepassen van biobased plastics in een gebruiksproduct. Het onderzoek is onderdeel van haar afstudeeropdracht in de studierichting Product Design.

Een open, activiteitsgerichte indeling zoals in het Rhijnspoorgebouw stimuleert interactie tussen studenten en medewerkers. Een wenselijk uitgangspunt, maar het kan geconcentreerd werken bemoeilijken door visuele en auditieve afleiding. Daarom wil de HvA een biobased geluiddempend paneel ontwerpen, dat vrijstaand op tafel inzetbaar is om werkplekken af te scheiden.

Een bijkomende wens is dat het modulair tot een tijdelijke wand uitbreidbaar is. Daarmee is het hopelijk ook mogelijk om met de modules tijdelijke ruimtes, of bijvoorbeeld een plek voor een telefoongesprek in privacy, te realiseren.

Mede vanuit dat laatste vereiste valt de materiaalkeuze op een combinatie van het schuimbare (daardoor akoestisch gunstige) PLA met natuurlijke vezels. Deze holle vezels lenen zich goed om geluiddempende producten te maken, en ze versterken de gewenste natuurlijke uitstraling. Dat de panelen er landbouw- of snoeiafval een nuttige functie mee geven en materiaalkosten verlagen, is bovendien mooi meegenomen.

De gekozen materialen lenen zich verder prima voor verwerking aan het eind van hun functionele leven. PLA is, afhankelijk van de productgeometrie, namelijk zowel te recyclen als te composteren, en het is geschikt voor energetische terugwinning door vergisting tot biogas of directe verbranding. Ook bij productie van dit natuurlijke vezelcomposiet weten de vezels en PLA elkaar goed te vinden: omdat de relatief lage verwerkingstemperatuur van PLA voorkomt dat de vezels beschadigen.

Al met al komen in het biobased geluidsscherm zo meerdere duurzaamheidsaspecten samen met unieke functionele eigenschappen. In een look & feel die naadloos aansluit op de verwachtingen (zie hoofdstuk 4) die de doelgroep bij een biobased product heeft.

Op het moment van publicatie zijn materiaaltesten voor het product in ontwikkeling.

Biocomposiet van biobased plastics en textiele reststromen, RECURF

RECURF (Re-using Circular Urban Fibres and Biobased Plastics in Urban Products) is een vervolgonderzoek in voorbereiding bij de HvA, gericht op inzicht in de mogelijke combinaties van biobased plastics en reststromen van natuurlijke textielvezels.

Het onderzoek beoogt hun eigenschappen (mechanische, esthetische, tactiele) in kaart te brengen en van daaruit ontwerpgericht onderzoek te doen naar mogelijke toepassingsgebieden. De doelstelling is om tot circulaire producten te komen waarbij de leveranciers van de textiele reststromen als launching customer van de ontwikkelde producten optreden.

Reden om aandacht te besteden aan de esthetische en ook tactiele eigenschappen, is omdat die een belangrijke meerwaarde vertegenwoordigen: in de perceptie en waardering van de natuurlijke oorsprong en kwaliteit van biobased producten (Karana, 2012; van der Wal, 2015).

RECURF richt zich in het onderzoek op de niet-drop-ins, dus op biopolymeren met unieke kenmerken, die nieuw zijn ten opzichte van de klassieke oliegebaseerde polymeren. Voorbeelden van dergelijke niet-drop-ins zijn TPS (thermoplastische zetmeel blends), PLA, PHA, PEF en geregenereerd cellulose.

Doelstelling is dat de verkenning van alternatieve³ routes voor het hergebruik van textielrestanten in combinatie met biobased plastics unieke kennis oplevert. Kennis die interessant is voor textiele reststromen die zich minder goed lenen voor één-op-één hoogwaardig hergebruik.



Brillenkoker

3. Hier wordt niet alleen naar bekende technieken (spuitgieten, thermovormen) gekeken, maar ook naar nieuwe technieken, zoals 3D printing.

Literatuurlijst

Álvarez-Chávez, C. R., Edwards, S., Moure-Eraso, R., & Geiser, K. (2012). *Sustainability of bio-based plastics: general comparative analysis and recommendations for improvement*. Uitgave; Journal of Cleaner Production, 23(1), 47–56.

Aeschelmann F. ea., 2015, *“Bio-based Building Blocks and Polymers in the World – Capacities, Production and Applications: Status Quo and Trends Towards 2020”*. Uitgave: NOVA Institut,

Bakker, C., M. den Hollander, E. van Hinte & Y. Zijlstra (2014). *Product that last. Product Design for Circular Business Models*. Marcel den Hollander.

Bolck, C., Ravenstijn, J., Molenveld, K. & Harmsen P. (2012), *Biobased plastics 2012*. Uitgave Propress.

Brezet, H. & Hemel, C. van (1997). *EcoDesign: A promising approach to sustainable production and consumption*. Uitgave; UNEP, France.

EMF (2013). *Towards the Circular Economy, Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Uitgave: Ellen MacArthur Foundation

FMI (2015). *Global Bio-based Biodegradable Plastics Market Analysis and Opportunity Assessment, 2014 – 2020*. Future Market Insights.

Hottle, T. A., Bilec, M. M., & Landis, A. E. (2013). *Sustainability assessments of bio-based polymers*. Polymer Degradation and Stability, 98(9), 1898–1907.

Jager, L.C. & M.A. de Winter (2007). *Biologisch afbreekbare verpakkingen: onderzoek naar de kennis, het gedrag en de perceptie van consumenten*. <http://edepot.wur.nl/25622>.

Karana, E., (2009) *Meanings of Materials, PhD thesis, Delft*, ISBN 9789051550559: TU Delft.

Karana, E., Hekkert, P., & Kandachar, P. (2009). *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*. Materials & Design, 30(7), 2778–2784.

Karana, E. (2012). *Characterization of 'natural' and 'high-quality' materials to improve perception of bio-plastics*. Journal of Cleaner Production, 37, 316–325.

Karana, E., & Nijkamp, N. (2014). *Fiberness, reflectiveness and roughness in the characterization of natural high quality materials*. Journal of Cleaner Production, 68, 252–260.

Karana E., Barati, B., Rognoli V., Zeeuw Van Der Laan, A., (in press). *Material Driven Design (MDD): A Method To Design For Material Experiences*. International Journal of Design.

Kate, R. ten (2015). *Experimenteren met Plantics: een nieuw plantaardig plastic*. Product Magazine, p12–13, april 2015.

Nova Institute (2015). *Biobased building blocks and polymers in the world. Capacities, production and applications: status quo and trends towards 2020*. Retrieved from: www.bio-based.eu/markets.

Shen, L., Haufe, J., & Patel, M. K. (2009). *Product overview and market projection of emerging bio-based plastics PRO-BIP 2009*. Report for European Polysaccharide Network of Excellence (EPNOE) and European Bioplastics, 243.

Thielen, M. (2012), *Bioplastics*, Uitgeverij: Polymedia Publisher GmbH

Thomson, R., Thomson, M. (2013). *Sustainable Materials, Processes and Production*. Uitgeverij: Thames & Hudson.

Vogtländer, J.G. (2010 & 2012). *A practical guide to LCA for students, designers and business managers. Cradle-to-Grave and Cradle-to-Cradle*. Uitgeverij: VSSD Delft.

Wal, M. van der (2015). *Maak biobased plastics herkenbaar*. Product Magazine, p10–12, maart 2015.

Weinschenk, S. M. (2011). *100 things every designer needs to know about people*. Uitgeverij: Pearson Education.

Wijk, A. & I. van Wijk (2015). *3D printing with biomaterials; towards a sustainable and circular economy*. The Green Village.

Wijk, I. A. E. van (2012). *Biobased plastic sporting goods, the perfect stepping stone for the wide exposure of biobased plastics*. Bioplastics Magazine, 3, p28, May/June 2012.

Shen, L., Worrell, E., & Patel, M. (2010). Present and future development in plastics from biomass. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 4(1), p25–40.

Betrokken organisaties en personen

Aan het RAAK–mkb project Design Challenges with Biobased Plastics hebben verschillende bedrijven en instanties een bijdrage geleverd – als probleemeigenaar, opdrachtgever, klankbord, expert, onderzoeker, begeleider of inspirator. Daarnaast zijn verschillende medewerkers en studenten van de HvA bij de uitvoering van het project betrokken geweest. We willen iedereen hartelijk danken voor hun waardevolle inbreng.

Projectteam HvA

Lucy Buddelmeijer (projectleider)
Matthijs de Jong (docent–onderzoeker)
Gijs de Jonge (docent minor)
Rogier ten Kate (docent–onderzoeker)
Mark Lepelaar (onderzoeker)
Inge Oskam (lector)
Renske Schijvens (coordinator minor Nieuwe Materialen)
Iris van Wijk (onderzoeker)

Consortium

Hogeschool van Amsterdam: Katrien de Witte
Beroepsorganisatie Nederlandse Ontwerpers (BNO): Femke Glas
Nederlandse Rubber– en Kunststofindustrie (NRK): Martin van Dord
Kamer van Koophandel: Monique Wekking, Jacques Walinga en Pim van Herk
Materia: Els Zijlstra

Kennispartners

DPI Value Centre: Lonneke de Graaff en Judith Tesser
Partners for Innovation: Ingeborg Gort–Duurkoop en Emiel Hanekamp
Technische Universiteit Delft: Rolf Koster en Elvin Karana
Van ’t Hoff Institute for Molecular Science, Universiteit van Amsterdam: Albert Aalberts en Gadi Rothernberg
Wageningen UR: Frans Kappen

Bedrijven

Aphrodite Orchidee: Jasper Veldt
ArcaZen: Leo Boon
Batelaan Kunststoffen: Annelies Batelaan
Bio Futura: Wouter Moekotte
Boomkwekerij Ben Streng: Ben Streng
Botman Hydroponics: Jan Botman
Bureau Nieuwbouw HvA: Arthur Cramer
Capventure: Remco van der Leij
Compostingforcompanies: Bram van der Veen
Conceptron Engineering: Marcel Binckhorst
De Jong & Maaskant: Sven Schwarz
de Namen: Frank van Schadewijk
Green Serendipity: Caroli Buitenhuis
Desch Plantpak: Wouter Zieck
Difrax: Jonathan van Veelen
Elstgeest potplanten: Joris Elstgeest

GrownDownTown: Philip van Traa
IDEAL&CO: Jurre Groeneboom
Leaps Innovation: Joost van Uden en Dan Sutjahjo
Max designers: Marien Korthorst
Natural Plastics: Bert van Vuuren
NPSP: Willem Böttger
Oerlemans Plastics: Jan Wessemius
Omefa: Dizzy Soederhuizen
Pars Pro Toto: Koert van Overbeke
Plantics: Helias Andriessen
Pezy: Thijs Veenstra
Rodenburg Biopolymers: Jeroen van Soest, Aaik Rodenburg
Sla Architecten: Peter van Assche
Spark Design: Robbert Boost
Springtime Industrial Design: John Kock
Synprodo: Marcel de Munnik
Synbra: Jan Noordegraaf
Treeplast: Paul Eilbracht
VanDerEng: Peter Schweinsbergen
van.eko: Vaniek Colenbrander
Werf Amsterdam: Suzanne Hansen
Youmanitas: Gino Smit

Studenten en alumni

Stagiairs en afstudeerders
Mara Berkhout, Marjet de Jong, Lianne Jasperse, Timo Keultjes, Jedrael Karim, Jorden van der Hoogt, Rik Maasdijk, Ashwin Matai, Willeke Pluk, Dennis Rinkel, Merel Roozendaal, Maurice Slingerland, Jens Verbruggen, Ilana Visser, Manouk van der Wal en van de Vrije Universiteit: Walt Schagen

Studenten die deelnamen aan de minor Nieuwe Materialen
Barry Bennink, Reinier van den Hurk, Nicky Klaasen Bos, Thijs de Lange, Ruben Lie–A–Jen, Tobias Prins, Douwe van Oosterhout, Remko van Vliet, Rogier Vrijenhoek en Bas Zuidam

Onderzoeksassistenten (alumni)
Ruurd Bell, Annemiek Davy, Jorden van der Hoogt, Yanti Slaats, Martijn Swinkels, Manouk van der Wal, Hessel Kramer

Productvoorbeelden van biobased plastics

Product	Merknaam	Materiaalnaam – grondstof	Website producent
Baby speelgoed	Bioserie	PLA	http://www.bioserie.com
Bad speeltjes	Hevea	Natuurrubber	http://heveababy.com
Bloempotjes	D-Grade	Ingeo™ (PLA) – plantaardig suiker gebaseerd	www.d-grade.com
Boom anker	Keeper systeem	Cradonyl – Restafval uit de voed-selindustrie (zetmeel)	http://www.naturalplastics.nl
Bouwmateriaal	Biobuis	Solanyl – Aardappelzetmeel	http://www.biobuis.nl
Computer accessoires	Fujitsu	Arboform – Lignine uit hout / Biograde – Cellulose uit papier	http://shop.fujitsu.com
Golfbal	BioGolf	NatureSX – Aardappelzetmeel, afval uit o.a. de patatindustrie.	www.biogolf.com
Grafkist	Onora	Aardappelzetmeel en zaden	http://onora.eu
Ground consolidator	B–shore	PLA, natuurvezel en vulstoffen	
Isolatiemateriaal	IsoBouw	BioFoam – PLA	http://www.isobouw.nl
Kinder toilet	Becopotty	Glycerine composiet	http://www.becobabies.com
Kleed	Christien Meinderstma	o.a. Wol en PLA	http://www.labelbreed.nl
Klok	FluidSolids	FluidSolids	http://www.fluidsolids.com
Knutselmateriaal	Playmais	Playmais – Mais, water en voedings-kleurstoffen	http://www.playmais.com
Koffie apparaat	Sanremo	o.a. Koffiedik hout hout resten	http://www.sanremonederland.nl
Kruk	Eggo–Sebastian Aumer	Caseïne, azijn en zetmeel en 70% eierschalen	http://www.sebastianaumer.com
Kruk	FluidSolids	FluidSolids	http://www.fluidsolids.com
Kruk	yoav avinoam	Hout en houtzaagsel met gedeelte-lijke biobased Epoxy	
Kunstgras	API	Is nog in ontwikkeling	http://www.api-institute.com
Lamp	Patato lamp	Solanyl – Aardappelzetmeel	http://potatolamp.nl
Lamp	Coleoptera	Caleoptera – Chitosan (vanuit) chitine	http://www.aagjehoekstra.nl
Lamp	Nockstone	diverse biobased plastics	http://www.nockstone.com
Laptopstandaard	Tree–Pod	Treeplast – gebaseerd op hout	www.treeplast.com
Mes	Nesmuk	leer en bio Epoxy	http://nesmuk.de
Mes	Blok knives	Solidwool – Composiet, wol van de Hardy Herdwick schaap	http://www.blok-knives.co.uk
Mosselkratten	Mosselkratten	Solanyl – Aardappelzetmeel	http://www.buwa.nl
Nietmachine	Magic stapler	Kunststof op basis van mais	

Pennen bakje	Garbini	Kunststof op basis van mais	http://www.umbra.com
Poncho	Equilecua	Aardappelzetmeel	http://www.equilicua.com
Schoenen	OAT	Kurk, Hennep, Katoen, Flax en degradeerbaar biobasedplastic	http://www.oatshoes.com
Schroevendraaier	Gedrore	Cellulose–Acetaat	
Schroevendraaier	Kollamat	Kollamat – PLA en Leer	http://www.bader-leather.de
Scooter	Van Eko	Nabasco – Natuurvezel met gedeeltelijk biobased polyester en Epoxy harsen	http://vaneko.com
Servies	Zuperzozial	Bamboe, mais vermalen tot pulver, pigment en hars	http://www.zuperzozial.com
Servies	Husk	Husk – 80% Rijst hulzen 20% lignine	http://www.biofutura.nl
Servies	Biodora		http://www.biodora.at
Servies	Ekobo	Bamboe en mais	http://www.ekobohome.com
Speelgoed wagen	Luke’s Toy Factory	WPC – Zaagsel, rijst hulzen, kokos vezels, vlas.	http://www.lukestoyfactory.com
Stoel	Pastoe	Nabasco – Natuurvezel met gedeeltelijk biobased polyester en Epoxy harsen	http://www.pastoe.com
Stoel	Artichair – Spyros Kizis	Artichoke vezels en gedeeltelijk biobased Epoxy	http://www.spyroskizis.com
Stoel	Solidwool Hembury Chair	Solidwool – Composiet, wol van de Hardy Herdwick schaap	http://www.solidwool.com
Stoel	Alki – Kuskoa Bi	Bieten, mais en suikerriet	http://www.alki.fr
Stoel	Weder	Sizopreg® – Jute en PLA	http://weder.nu
Strandspeelgoed	Bioline	PLA	www.spielstabil.de
Urn	Fkur	Biograde C9550 – cellulose uit papier	http://www.fkur.com
		Fibrolon F8530 – PLA met hout-vezel	
Waterkan	WellJug	Ingeo™ (PLA) – plantaardig suiker gebaseerd	http://www.welljug.nl
Zonnebril	Fanoptics	Solidwool – Composiet, wol van de Hardy Herdwick schaap	http://www.fanoptics.co.uk

