



## **Bioplastics4U : keuzetool Bioplastics**

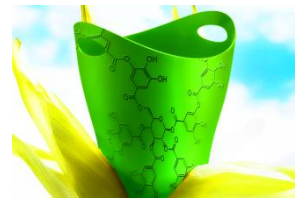
### **Opmerkingen bij versie 2.0**

In deze versie 2.0 zijn de opmerkingen verwerkt die zijn gemaakt door gebruikers tijdens de introductie van deze keuzetool in de Dutch Design Week in Eindhoven 2014. Tevens is getracht om aan de wensen van een aantal ontwerpers te voldoen. Tot slot zijn de laatste inzichten van de auteurs verwerkt.

Als u op- en aanmerkingen heeft bij deze versie, wilt u dan zo vriendelijk zijn om contact op te nemen met Matthijs de Jong, docent-onderzoeker aan de Hogeschool van Amsterdam, bereikbaar op [m.a.de.jong2@hva.nl](mailto:m.a.de.jong2@hva.nl)? Bij voorbaat dank!

### **Inhoud**

1. Welk biobased plastic lijkt het meest geschikt te zijn voor mijn toepassing?	2
1.1 Waarom wil ik een biobased en/of biodegradeerbaar plastic gebruiken?	3
2. Uitleg gebruik keuzetool	4
3. Welke eigenschappen zijn voor mijn toepassing van belang?	4
3.1 Gehalte biobased materiaal	4
3.2 Biodegradeerbaarheid	5
3.3 Vormvastheid	6
3.4 Transparantie	6
3.5 Oplosbaarheid	7
3.6 Barrière eigenschappen	7
3.7 Taaiheid	8
3.8 Elasticiteit	9
3.9 Sterkte	10
3.10 Levensfase/ verkrijgbaarheid	10
3.11 Materiaalkosten	12
4. Samenvatting: Eisentabel	13
5. Voorbeeld van gebruik Eisen- en Invultabel	14
6. Lege Invultabel voor uw eigen product	15
7. Overige selectiecriteria	16
8. Mogelijke uitkomsten keuzetool	16
8.1 Er zijn meerdere biobased plastics mogelijk	16
8.2 Er is één biobased plastic mogelijk	16
8.3 Er zijn geen biobased plastics mogelijk	16
9. Er is een mogelijke biobased plastic geïdentificeerd. En nu?	17
10. Ordegroottes numerieke waarden van eigenschappen uit de keuzetool	18
11. Bronnenlijst	19



## 1. Welk bioplastic lijkt het meest geschikt te zijn voor mijn toepassing?

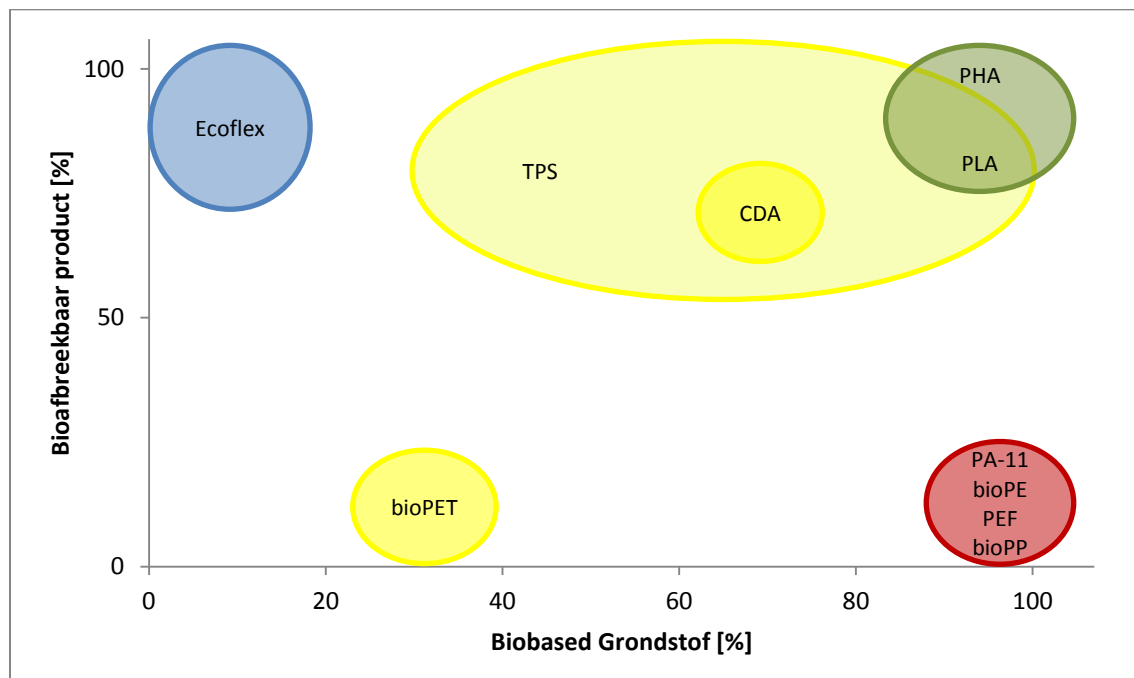
Deze tool beoogt een hulpmiddel te zijn om voor uw toepassing een geschikte biobased plastic te kiezen. De uitkomst van deze tool is een eerste oriëntatie, geen keihard besluit. Daarnaast is na een uiteindelijk verkregen bioplastic optie nog een optimalisatie/specificering van de juiste grade met de juiste additieven en procesomstandigheden nodig. Ook kan een blend/combinatie van 2 of meerdere bioplastics nodig zijn om te komen tot het gewenste, specifieke product.

De term 'bioplastic' kan voor flink wat verwarring zorgen. Dit komt doordat het niet alleen gebruikt wordt voor hernieuwbaar of biobased plastic als tegenhanger van olie-gebaseerd plastic, maar ook voor bio-afbreekbare plastics. Terwijl sommige olie-gebaseerde plastics toch echt bio-afbreekbaar zijn en sommige biobased plastics echt niet bio-afbreekbaar zijn!

De termen 'biobased' of 'hernieuwbaar' verwijzen naar grondstoffen uit bronnen zoals planten en gewassen die door de natuur opnieuw gegenereerd worden en dus niet uitgeput raken.

De term 'bio-afbreekbaarheid' verwijst naar een proces waarbij een product afgebroken wordt door de natuurlijke activiteit van micro-organismen, zoals bacteriën en schimmels. Na afbraak blijven er kooldioxide (CO<sub>2</sub>), water en natuurlijke mineralen over.

In onderstaande figuur staan de verschillende bioplastics uitgezet in het spectrum van deze 2 verschillende termen.



Rechtsbovenin (in groen) de figuur zijn de bioplastics zowel hernieuwbaar als bio-afbreekbaar.

Rechtsonderin (in rood) zijn de bioplastics wel hernieuwbaar, maar niet bio-afbreekbaar.

Linksbovenin (in blauw) zijn de bioplastics niet hernieuwbaar, maar wel bio-afbreekbaar.

In het midden (in geel) zijn de bioplastics gedeeltelijk hernieuwbaar en niet volledig bio-afbreekbaar.



## 1.1 Waarom wil ik een biobased en/of biodegradeerbaar plastic gebruiken (ter oriëntatie)?

Hieronder zijn enkele motieven gegeven om voor een biobased en/of biodegradeerbaar plastic te kiezen. Het is belangrijk om zich te realiseren welke eigenschappen een eis zijn en welke een wens zijn. Dit beperkt of vergroot juist de mogelijke opties voor een bioplastic.

- Hernieuwbaarheid, verminderde afhankelijkheid van aardolie, CO<sub>2</sub>-emissie reductie.
- 'Groene' regelgeving, imago, consumentenvraag.
- Afbreekbaarheid, recycling is onmogelijk of te duur, toenemende afvalprijzen.
- Lagere kostprijs (door gebruik te maken van biobased vullers of door minder handelingen (personeelskosten)).
- Toenemende competitie, marktvergroting/vernieuwing.
- Overige specifieke eigenschappen van biobased en/of biodegradeerbare plastics.

## 2. Uitleg gebruik keuzetool

Deze tool is geschikt voor oriëntatie op uw specifieke toepassing en om een aantal materiaalopties te bepalen die getest kunnen worden. Aan de hand van een aantal onderscheidende vragen wordt bepaald welke bioplastic geschikt zou kunnen zijn. Er zijn ondertussen vele soorten en grades met verschillende additieven, maar om deze tool zo simpel mogelijk te houden, is uitgegaan van een beperkte keuze uit de standaard grades bioplastics.

Overzicht van in deze keuze tool te kiezen biobased en/of biodegradeerbare plastics			
Afkorting	Volledige naam	Toepassingsvoorbeelden	Gedraagt zich als <sup>7)</sup>
PLA	Poly-lactic acid, polymelkzuur	Verpakkingen T-shirts	Van PS (Polystyreen) tot PET
PHA <sup>1)</sup>	Poly-hydroxy-alkanoaten	Shampoo flessen Wegwerpartikelen	Van PE (zacht) tot PP (hard)
TPS	Thermoplastisch starch, thermoplastisch zetmeel	Loose-fill schuimen Draagtassen	Van LDPE tot PS <sup>8)9)</sup>
CA <sup>2)</sup>	Cellulose-acetaat, thermoplastisch cellulose derivaat	Textiel Handvatten	PC (Polycarbonaat)
PA-11 <sup>3)</sup>	poly-amide-11, nylon-11	Hydraulische leidingen Kabels	PP(hard)
PEF	Poly-ethyleen furanoaat	Verpakkingen Flessen	PET
bioPET	bio-poly-ethyleen-tereftalaat	Als PET (polyester) Coca-Cola Plant Bottle <sup>4)</sup>	PET
bioPE	bio-poly-ethyleen	Als PE	PE
bioPP	bio-poly-propyleen	Als PP	PP
Ecoflex <sup>5)</sup>	merknaam van een alifatisch polyester	Vuilniszakken Wegwerpartikelen	Van PE (zacht) tot LLDPE <sup>6)</sup>



- 1) Verzamelnaam. De meest bekende is PHB (Poly-Hydroxy-Butyraat)
- 2) Soms gemengd met CDA (Cellulose-Di-Acetaat) en/of CTA (Cellulose-Tri-Acetaat)
- 3) Gemaakt uit castorolie, gewonnen uit de vruchten van *Ricinus Communis* (casterolie.nl)
- 4) In Plant Bottle is slechts 22% (alleen ethyleenglycol) biobased
- 5) Gebaseerd op aardolie, dus 0% biobased, maar wel 100% biodegradeerbaar
- 6) Linear Low Density Poly Ethylene
- 7) Gedrag tijdens verwerking. Bron: Gerard Schennink, WUR, 2015
- 8) Een TPS/Ecoflex folie gedraagt zich als LDPE
- 9) Een TPS/PLA blend gedraagt zich als PS

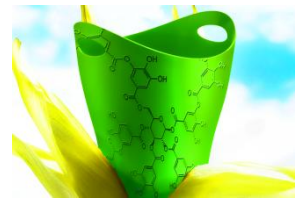
Bedenk dat bij de verwerking als eerste benadering dat een biobased plastic zich gedraagt als een 'normale' plastic. Zo geldt bijvoorbeeld een krimp van 0,5 – 2,0 % bij spuitgieten niet alleen voor standaard plastics, maar ook voor biobased plastics.

### 3. Welke eigenschappen zijn voor mijn toepassing van belang?

#### 3.1 Gehalte biobased materiaal

- ① Moet het bioplastic hernieuwbaar (niet-aardolie gebaseerd) zijn? Is een verminderde afhankelijkheid van aardolie van belang
- ① Er zijn certificaten mogelijk voor het gehalte aan biobased materialen. Wanneer een certificaat ontbreekt, wil dat nog niet altijd zeggen dat het materiaal niet biobased is; de fabrikant kan er ook voor gekozen hebben geen (duur) certificaat aan te vragen. Zie bijvoorbeeld ook : <http://www.okcompost.be/nl/ken-alle-ok-milieu-logos/ok-biobased/>
- ⚠ In de praktijk zijn combinaties van plastics (blends) mogelijk: bijv. PLA met Ecoflex om de taaiheid van PLA te verbeteren, TPS met Ecoflex of PLA om de waterresistentie van zetmeel te verbeteren, etc.
- ① BioPE, bioPP en bioPET hebben dezelfde eigenschappen als 'normaal' PE, PP of PET. De grondstoffen komen echter uit suikerriet i.p.v. aardolie. Hoewel ze wel bioplastics genoemd worden, zijn ze niet bio-afbreekbaar.

100% biobased	Gedeeltelijk biobased	0% biobased
<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•PHA</li><li>•PA-11</li><li>•PEF</li><li>•bioPE</li><li>•bioPP</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•TPS</li><li>•CA</li><li>•bioPET</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Ecoflex</li></ul>

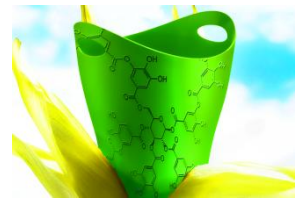


### 3.2 Biodegradeerbaarheid

**?** Moet het product biodegradeerbaar zijn? Of juist niet? En in welke omgeving?

- ① Er zijn certificaten mogelijk voor het gehalte aan biobased materialen of de afbreekbaarheid in verschillende omgevingen (industriële compostering, thuis compost, in de grond, in water). Wanneer een certificaat ontbreekt, wil dat nog niet altijd zeggen dat het materiaal/product niet afbreekt; de fabrikant kan er ook voor gekozen hebben geen (duur) certificaat aan te vragen. Zie bijvoorbeeld : <http://www.okcompost.be/nl/ken-alle-ok-milieu-logos/ok-biodegradable/>
- ⚠ Zogenaamde oxo-degradables worden hier niet genoemd: dit zijn additieven voor bijvoorbeeld PE waarbij het hoog-moleculaire PE wordt afgebroken onder invloed van UV of zuurstof tot laag-moleculair PE dat microscopisch klein is maar even schadelijk of zelfs schadelijker is (één van de oorzaken van bijv. 'plastic soep' in de oceanen).
- ⚠ Wanneer er in een combinatie van bioplastics of gebruikte additieven, niet alle componenten bioafbreekbaar zijn, dan kan het product meestal ook niet bioafbreekbaar genoemd worden.
- ⚠ Van een bedrukt 100% bioafbreekbaar product moet ook de inkt 100% bioafbreekbaar zijn.

Niet biodegradeerbaar	Composteerbaar	In de grond biodegradeerbaar	In water biodegradeerbaar
<ul style="list-style-type: none"><li>•PA-11</li><li>•PEF</li><li>•bioPET</li><li>•bioPE</li><li>•bioPP</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•PHA</li><li>•TPS</li><li>•CA</li><li>•Ecoflex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•TPS</li><li>•Ecoflex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•TPS</li></ul>



### 3.3 Vormvastheid? (HDT, Vicat)

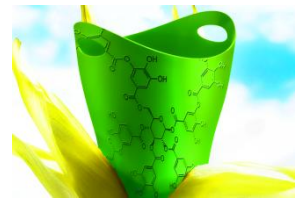
- ?** Bij welke temperatuur gaat het product gebruikt worden? Moet het product bijvoorbeeld bestand zijn tegen kokend water?
- ① De temperatuur waarbij een product vormvast moet zijn is vaak hoger dan de directe gebruikstemperatuur; denk bijvoorbeeld aan producten in de zon achter glas of in een auto.
  - ① x-PLA is gekristalliseerd PLA. Gewoon PLA is amorf
  - ① Sc-PLA is 'stereo-complex' PLA: een speciale (dure) grade met een gebruikstemperatuur tot 180°C.

<60°C	> 60°C, <100°C	>100°C
<ul style="list-style-type: none"><li>•alle</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•x-PLA, sc-PLA</li><li>•CA</li><li>•PA-11</li><li>•bioPP</li><li>•bioPET</li><li>•PEF</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•sc-PLA</li><li>•CA</li><li>•PA-11</li></ul>

### 3.4 Transparantie

- ?** Moet het product transparant zijn of juist ondoorzichtig?
- ① De transparantie is mede afhankelijk van het gebruik van additieven, vullers en processing (kristalliniteit).
  - ① Ook de dikte van het product is van belang.

niet, 0%, ondoorzichtig	Hazy, opaque	100%, transparant
<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•TPS</li><li>•alle, met vulmiddelen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•PHA</li><li>•bioPP</li><li>•Ecoflex</li><li>•TPS</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•CA</li><li>•PA-11</li><li>•PEF</li><li>•bioPET</li><li>•bioPE</li><li>•bioPP</li></ul>



### 3.5 Oplosbaarheid

**?** Moet het product oplosbaar zijn in water?

**⚠** Er bestaan veel bioplastics die niet oplosbaar zijn in water. Wel kan PLA bijvoorbeeld een zeer kleine hoeveelheid water (orde grootte minder dan een promille) bevatten en moet dus voor productie goed gedroogd worden.

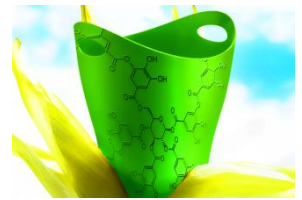
Waterresistent	Wateroplosbaar
<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•PHA</li><li>•CA</li><li>•PA-11</li><li>•PEF</li><li>•bioPET</li><li>•bioPE</li><li>•bioPP</li><li>•Ecoflex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•TPS</li></ul>

### 3.6 Barrière eigenschappen

**?** Vooral verpakkingen hebben vaak eisen aan welke gassen wel of niet doorgelaten worden. Voor welke gassen moet uw product een barrière hebben?

- ⚠** Wanneer een materiaal een lage waterdampbarrière heeft, wil dat nog niet zeggen dat het product oplosbaar is in water (bekijk als voorbeeld PLA).
- ⚠** Een barrière tegen meerdere gassen kan verkregen worden door verschillende lagen van verschillend materiaal te gebruiken.
- ⚠** Strikt genomen is er bij de UV bestendigheid geen sprake van een barrière. Omwille van de eenvoud is deze toch in deze categorie geplaatst.

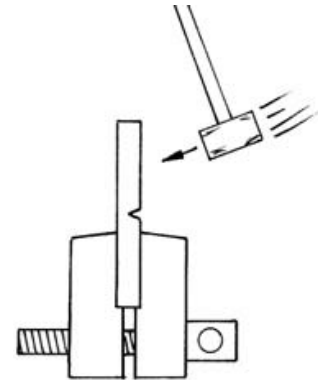
Waterdamp	Zuurstof, O <sub>2</sub>	Kooldioxide, CO <sub>2</sub>	UV
<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•PEF</li><li>•bioPET</li><li>•bioPE</li><li>•Ecoflex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•TPS</li><li>•PEF</li><li>•bioPET</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PEF</li><li>•bioPET</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•PHA</li><li>•TPS</li><li>•bioPET</li></ul>



### 3.7 Taaiheid (IZOD/ breekrek/ rek na breuk)

**?** Hoe taai moet het product zijn?

- ① Een **taai** materiaal vervormt voordat een breuk optreedt. Taaiheid geeft ook weerstand tegen het doorgroeien van kerven en scheuren. Het tegenovergestelde van taai is **bros**. Omdat de biobased plastics niet echt bros zijn, is hier gekozen voor de indeling taai/ minder taai.
- ① Wordt de maximale spanning ergens in een minder taai materiaal overschreden, dan zal een scheur ontstaan die door de kerfwerking snel verder kan groeien. De taaiheid van een product is behalve van het materiaal zelf ook afhankelijk van de dikte van het product, de temperatuur, de snelheid van de vervorming en van de aanwezigheid van kerven of scheuren.
- ① Door middel van combinaties van plastics kunnen mechanische eigenschappen verbeterd worden: Bijv. PLA wordt taaiër in combinatie met Ecoflex (deze blend is commercieel verkrijgbaar onder de naam Ecovio).
- ① Ook door middel van additieven kunnen mechanische eigenschappen aangepast worden: bijv. de hoeveelheid weekmaker bepaalt of een TPS bros of taai is (vergelijk met PVC: van harde regengoten tot zachte bad-eendjes).



#### Taai (Izod @ 20°C > 80 J/m)

- PA-11
- TPS
- CA
- bioPE
- bioPET
- Ecoflex

#### Minder taai (Izod @ 20 °C < 80 J/m)

- PHA
- PLA
- TPS
- bioPE
- bioPP
- bioPET
- PEF

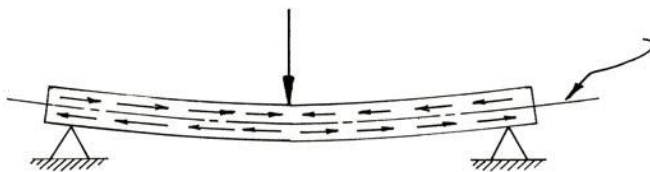




### 3.8 Elasticiteit (E-modulus)

**?** Hoe stijf moet het product zijn?

- ① Met het begrip **stijfheid** (of rigiditeit) wordt aangegeven geeft aan in welke mate een materiaal of een constructie zich tegen elastische vervorming verzet. Het tegenovergestelde is **slapte** (of flexibiliteit) waarmee wordt aangegeven in welke mate het product buigzaam en soepel is en blijft. In deze keuzetool wordt de keuze beperkt tussen stijf en minder stijf.
- ① 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.

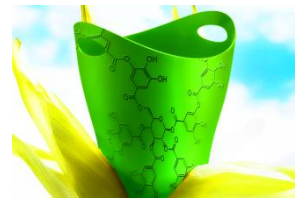


Stijf (  $E > 2 \text{ kN/mm}^2$  )

- PLA
- PHA
- PEF
- bioPET
- bioPE

Minder stijf (  $E < 2 \text{ kN/mm}^2$  )

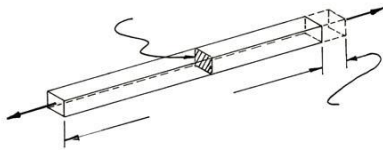
- TPS
- CA
- PA-11
- bioPP
- Ecoflex



### 3.9 Sterkte

**?** Hoe sterk moet het product zijn?

- ① Met de sterkte van een materiaal wordt de weerstand tegen een trekbelasting aangegeven. Een maat voor de sterkte is de treksterkte, aangegeven met het symbool  $R_m$ . Een materiaal met een hoge  $R_m$  wordt **'sterk'** genoemd, een materiaal met een lage  $R_m$  wordt als **'zwak'** aangeduid. In deze keuzetool kan worden gekozen tussen 'sterk' en 'minder sterk'.



Sterk ( $R_m > 40 \text{ N/mm}^2$ )	Minder sterk ( $R_m < 40 \text{ N/mm}^2$ )
<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•PA-11</li><li>•PEF</li><li>•bioPET</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•TPS</li><li>•CA</li><li>•bioPE</li><li>•bioPP</li><li>•Ecoflex</li></ul>

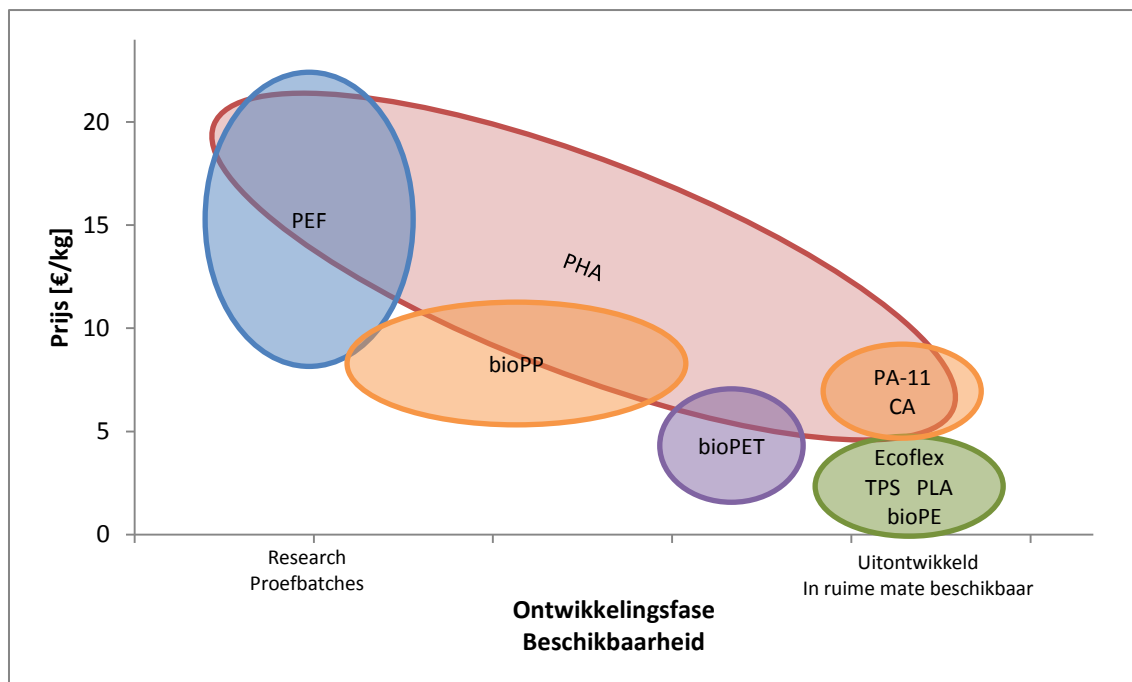
### 3.10 Levensfase/ verkrijgbaarheid

**?** Hoeveel kilogram biobased plastic is nodig voor uw toepassing?

- ① Sommige bioplastics zijn nieuw en er wordt nog gezocht naar nieuwe toepassingen. Van dit soort materialen zijn nog slechts weinig grades beschikbaar, maar vaak is het daarom mogelijk om in samenwerking met de leverancier een specifieke grade voor uw toepassing te ontwikkelen. Andere bioplastics bestaan al langer en zijn er vele toepassingen van bekend die als voorbeeld kunnen dienen. Tevens is de industrie al bekend met de verwerking ervan.
- ① De levensfase loopt redelijk parallel met de verkrijgbaarheid van het materiaal: van nieuwe producten zijn mogelijk proefbatches te verkrijgen, verder ontwikkelde typen zijn in ruime mate verkrijgbaar. Er wordt geïnvesteerd in nieuwe fabrieken voor biobased plastics, maar men moet er wel rekening mee houden dat de productiecapaciteit voorlopig nog slechts een fractie is vergeleken met de capaciteit van bijv. op olie gebaseerd PE.



Research	Ontwikkeling	Opstart (groei)	Standaard (volwassen)
<ul style="list-style-type: none"> <li>•x-PLA, sc-PLA</li> <li>•PHA</li> <li>•PEF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•x-PLA, sc-PLA</li> <li>•PHA</li> <li>•PEF</li> <li>•bioPET</li> <li>•bioPP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PLA</li> <li>•PHA</li> <li>•TPS</li> <li>•bioPET</li> <li>•bioPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PLA</li> <li>•PHA</li> <li>•TPS</li> <li>•CA</li> <li>•PA-11</li> <li>•bioPE</li> <li>•Ecoflex</li> </ul>



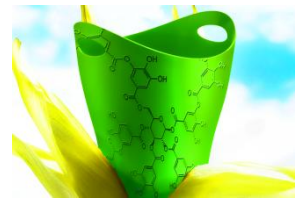


### 3.11 Materiaalkosten

**?** Hoe hoog mogen de materiaalkosten zijn in uw product?

- ① De kosten moeten natuurlijk altijd minimaal zijn, maar in vergelijking met de prijzen van op fossiele brandstoffen gebaseerde plastics, zijn de materiaal kosten van biobased plastics vrijwel altijd hoger. Bepalend is de motivatie om toch biobased plastics te gebruiken. Mogelijkheden zijn zo al: lagere Cost of Ownership in de totale levenscyclus, imago, Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen, outperformance op een speciale toepassing e.d.
- ① Vooral in toepassingen waarbij de materiaalkosten een relatief gering deel van de kostprijs vormen, is de drempel om biobased plastics te gebruiken relatief laag.
- ① De kostprijs hangt vanzelfsprekend af van de afname hoeveelheid. Ook geldt dat wanneer de productiecapaciteit vergroot wordt, de prijs over het algemeen daalt ('economy of scale').
- ① D.m.v. goedkope vullers kan de kostprijs per kilo product nog naar beneden gebracht worden.

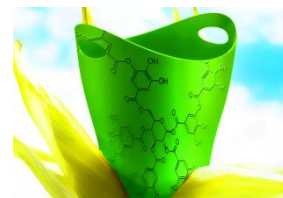
<2 €/kg	2-5 €/kg	>5 €/kg
<ul style="list-style-type: none"><li>•PLA</li><li>•TPS</li><li>•bioPE</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•TPS</li><li>•CA</li><li>•PA-11</li><li>•bioPET</li><li>•Ecoflex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•PHA</li><li>•bioPP</li></ul>



#### 4. Samenvatting: 'Eisentabel'

Onderstaande eisentabel kan gebruikt worden om door middel van bijvoorbeeld omcirkeling de eisen (en wensen) van uw product aan te geven. Op grond van deze highlights en de uitgewerkte eigenschappen in de pagina's hiervoor, kan de invultabel ingevuld worden. Op de volgende pagina is hiervan een voorbeeld uitgewerkt.

Eigenschap		Mogelijke eisen				
1	% Biobased	100%	Gedeeltelijk	0%		N.V.T
2	Biodegradeerbaarheid	Niet	Composteerbaar	In grond	In water	N.V.T
3	Temperatuur vormvastheid	< 60°C	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 <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	UV	N.V.T
7	Taaigheid (IZOD/ breekrek)	Taai	Minder taai			N.V.T
8	Elasticiteit (E-modulus)	Stijf	Minder stijf			N.V.T
9	Sterkte (Treksterkte)	Sterk	Minder sterk			N.V.T
10	Levensfase/ verkrijgbaarheid	Research	Ontwikkeling	Groei	Volwassen	N.V.T
11	Materiaalkosten	< 2€/kg	2-5 €/kg	> 5€/kg		N.V.T



## 5. Voorbeeld van gebruik eisen- en invultabel.

Om deze keuzetool goed te kunnen gebruiken, is het van belang om vooraf goed na te denken over de eisen (en wensen) die aan het te maken product gesteld moeten worden. In dit voorbeeld is als product is een disposable bloempotje genomen. Hieraan worden de volgende eisen gesteld: 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 wel vormvast zijn. Het moet sterk genoeg zijn om gestapeld te kunnen worden. Het behoeft niet perse taai te zijn en er zijn geen eisen aan transparantie of aan gasdichtheid. Het uitgangsmateriaal moet goedkoop zijn en in ruime mate verkrijgbaar.

**EISENTABEL 'BLOEMPOTJE'**

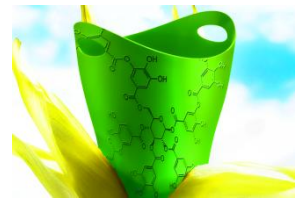
1	EIGENSCHAP	MOGELIJKE EISEN				
		100%	Ged.	0%	nvt	
2	% Biobased	100%	Ged.	0%	nvt	
3	Biodegrad.	Niet	Comp.	grond	water	nvt
4	T. vormvast	<60°C	60-100 °C	>100°C		nvt
5	Transparant	0%	Opaque	100%		nvt
6	Oplosbaarh.	W. resist.	W. opl.			nvt
7	Barrière	W. damp	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	UV	nvt
8	Taaiheid	Taai	Minder taai			nvt
9	Elasticiteit	Stijf	Minder stijf			nvt
10	Sterkte	Sterk	Minder sterk			nvt
11	Levensfase	Research	Ontw.	Groei	Volw.	nvt
12	Mat. kosten	< 2€/kg	2-5 €/kg	>5€/kg		nvt



**INVULTABEL 'BLOEMPOTJE'**

EIGENSCHAP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	RESULTAAT
	100%Biobased	Biodegradable	Temp. vormvast	Transparantie	Oplosbaarheid	Barrière	Taaiheid	Elasticiteit	Sterkte	Levensfase	Mat. kosten	
EISEN	100 % biobased	Composteerbaar	> 60°C	NVT	niet	NVT	Minder taai	Stijf	Sterk	Volwassen	<2 €/kg	
PLA	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
PHA	V	V	-	V	V	V	V	V	-	V	-	
TPS	V	V	-	V	-	V	V	-	-	V	V	
CA	-	V	V	V	V	V	V	-	-	V	-	
PA-11	V	-	V	V	V	V	V	-	V	V	-	
PEF	V	-	V	V	V	V	V	V	V	-	-	
bioPET	-	-	V	V	V	V	V	V	V	-	-	
bioPE	V	-	-	V	V	V	V	V	-	V	V	
bioPP	V	-	V	V	V	V	V	-	-	-	-	
Ecoflex	-	V	-	V	V	V	V	-	-	V	-	

Uit het bovenstaande blijkt dat voor het bloempotje PLA het meest geschikte uitgangsmateriaal is, omdat PLA aan alle eisen voldoet.



## 6. Lege invultabel voor uw eigen product

Product ...		Eigenschappen										Resultaat	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
		100% Biobased	Biodegradeerbaar	Temp. vormvast	Transparantie	Oplosbaarheid	Barrière	Taaigheid	Elasticiteit	Sterkte	Levensfase		Materiaalkosten
Eisen													
Biobased plastics	PLA												
	PHA												
	TPS												
	CA												
	PA-11												
	PEF												
	bioPET												
	bioPE												
	bioPP												
	Ecoflex												



## 7. Overige selectiecriteria

Met deze 11 vragen zijn een aantal onderscheidende eigenschappen van bioplastics benoemd.

Andere belangrijke vragen voor toepassing van een bioplastic in een product kunnen o.a. zijn:

- Welke verwerkingstechniek kan gebruikt worden?  
Filmblazen, thermovormen, spuitgieten, etc.
- Vlamgedrag, brandwerendheid
- Elektrische geleidbaarheid
- Inkleurbaarheid, look & feel

Deze materiaaleigenschappen zijn niet uitsluitend afhankelijk van de soort bioplastic. Door het toevoegen andere hulpstoffen kunnen verschillende grades worden samengesteld. Zo kunnen de eigenschappen van het product worden gestuurd en bijvoorbeeld de brandwerendheid, elektrische geleidbaarheid en/of de verwerkbaarheid verbeterd worden.

Na een uiteindelijk verkregen bioplastic optie is optimalisatie/specificering van de juiste grade met de juiste additieven en procesomstandigheden dus nog nodig. Ook een blend/combinatie van 2 bioplastics kan de oplossing voor een specifiek product zijn.

Deze tool is geschikt voor oriëntatie op uw specifieke toepassing en om een aantal materiaalopties te bepalen die getest kunnen worden.

## 8. Mogelijke uitkomsten keuzetool

### 1. Er zijn meerdere biobased plastics mogelijk

In dat geval zijn enkele overwegingen:

- Kunnen er nog andere, aanvullende vragen gesteld worden om de keuze te beperken?
- Kunnen de eisen worden voorzien van een wegingsfactor?
- Geeft een blend van de mogelijke biobased plastics een mogelijk nog beter resultaat?

### 2. Er is één biobased plastic mogelijk

Gefeliciteerd, uw opzet is geslaagd!

### 3. Er zijn geen biobased plastics mogelijk

Als er geen mogelijk materialen kunnen worden geselecteerd, zijn enkele overwegingen:

- Minder strikte antwoorden geven
- Kunnen de eisen worden voorzien van een wegingsfactor? Mogelijk kan er een eis worden aangewezen als de bottleneck, als een showstopper als hieraan niet wordt voldaan?
- Kan worden voldaan aan de eisen door een combinatie van verschillende biobased plastics?
- Misschien is meer R&D nodig, zo nodig in samenspraak met een materiaalleverancier
- Misschien past er gewoon geen biobased plastic in uw toepassing.....





## 9. Er is een mogelijke biobased plastic geïdentificeerd. En nu?

Het is nu zaak een grade van de gevonden soort biobased plastic te vinden, die zo goed mogelijk bij uw eisen past. Daarvoor dient een leverancier gevonden te worden en te worden na gegaan welke grade het beste aansluit bij uw eisen. Mogelijk is extra R&D nodig, of moet in overleg met de leverancier gezocht worden naar nog specifiekere additieven voor nog specifiekere eigenschappen. Ook verdient het aanbeveling te zoeken naar een mogelijke verwerker, die uw product daadwerkelijk kan fabriceren.

Het ligt in de bedoeling om in een volgende versie van de keuzetool aanvullende informatie te plaatsen die kan ondersteunen bij het maken van bovengenoemde keuzes.

Daarnaast verdient het aanbeveling om na het maken van uw keuze ook na te gaan wat de milieu impact is van het toepassen van de gekozen biobased plastic. Daarvoor kan een door de HvA ontwikkelde QuickScan worden gebruikt die toegankelijk is via [www.biobasedplastics.nl](http://www.biobasedplastics.nl). Ook kan desgewenst gekozen worden voor het laten uitvoeren van een volledige LCA. Daarnaast kan een marktanalyse nuttig zijn.

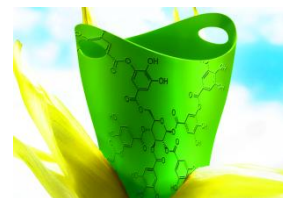
## 10 Ordegroottes waarden van eigenschappen uit de keuzetool

In de tabel op de volgende pagina zijn ordegroottes van de eigenschappen van de beschouwde biobased plastics opgenomen. Dit is gebeurd naar aanleiding van de wens van de gebruikers.

Eigenlijk zijn zelfs deze grove waarden al te specifiek voor gebruik in de keuzetool. De verzameling waarden is slechts een handreiking aan de gebruikers en kan ook slechts als benadering gebruikt worden.

De tabel is nog niet compleet, uitbreiding kan volgen in een latere revisie van de keuzetool.

De waarden vermeld in de tabel zijn gebaseerd op de bronnen die zijn vermeld in paragraaf 11: Bronnenlijst.



Grootheid	Symb.	Eenh.	PLA	PHA	TPS	CA	PA-11	PEF	Bio PET	Bio PE	Bio PP	Ecoflex
Prijs		€/kg	1,6-2,0	4,5-5,5	4,0-6,0	3,0-3,5	5,0-10					
% biobased materiaal		%	100	100	40-60	100	100			100	100	0
Dichtheid	$\rho$	kg/dm <sup>3</sup>	1,26	1,24	1,27	0,99	1,03		1,35	0,92	0,90	1,26
Elasticiteitsmodulus	$E$	kN/mm <sup>2</sup>	3,3-3,6	2,0-3,0	0,2-1,5	1,6-1,8	1,0-2,0		2,8-3,0	1,7-2,9	1,3-1,6	
Treksterkte	$R_m$	N/mm <sup>2</sup>	55-75	35-40	15-25	20-35	45-55		55-60	13-17	30 - 45	30-35
Vloiegrens	$R_e$	N/mm <sup>2</sup>	45-70	35-40	15-25	25-30	35-45		50-55	8-15	30 - 40	30-35
Breekrek	$\delta$	%	1-5	5-25	10-80	30-35	280-320		280-320	100-650	150-600	550-570
Notched IZOD @ 20 °C		J/m	16			100-450	>100		10-40	30-200	20-75	
Hardheid Vickers		HV	15-25	10-15	4-7	7-9	10-15		1-5	1-5	10-11	
Heat Deflection Temp.	$HDT$	°C	45-55	60-80	60-80	50-70	80-120		60-90	80-100	100-125	
Glasovergangstemp.	$T_g$	°C	50 -60	10-15	10-20	100-115	35-50		55-65	-125 - -90	-15 - -5	
Smelttemperatuur	$T_m$	°C	180-195	110-175	100-120	170-240	175-185		280	120	170	110-120
Kleur uitgangsmateriaal			Wit/ Transparant	Wit/ Geel-bruin	Off-white/ bruinig	Helder/Gelig transparant	Wit		Transparant	Wit	Wit	Wit-gelig

Versie : 2.0  
Revisiedatum : 25-03-15



Bovenstaande waarden zijn niet meer dan grove schattingen, gebaseerd op informatie uit de in paragraaf 11 vermelde bronnen



## 11 Bronnenlijst

### Algemene informatie:

- Conversiefactoren

<http://www.translatorscafe.com/cafe/EN/units-converter/pressure/25-20/dyne%2Fcentimeter%C2%B2-newton%2Fmillimeter%C2%B2/>

- Engineering strain vs true strain

<http://john.maloney.org/Papers/On%20strain%20%289-20-06%29.pdf>

- Tradenames for polymers

<http://www.ets-corp.com/tradenames/pl.htm>

### Mechanical properties van meerdere polymeren:

- Biobased overzichtartikel WUR:

<http://english.rvo.nl/sites/default/files/2014/06/Setting%20up%20international%20biobased%20commodity%20trade%20chains%20-%20May%202014.pdf>

- Cambridge Engineering Selector (CES) Database

- Mark, J.E. *Physical Properties of Polymers Handbook* Springer Verlag

<http://books.google.nl/books?id=fZl7q7UgEXkC&pg=PA436&dq=PHB+izod+value&hl=nl&sa=X&ei=hRCHVPajAcrWarfVgpAL&ved=0CEEQ6AEwAg#v=onepage&q=PHB%20izod%20value&f=false>

- Vegt, van der A.K. *Polymeren, van keten tot kunststof*, Delft University Press, 1999, ISBN 9789040712838

### PLA :

- Grossman, R.F., Nwabunma, D. *Poly(lactic acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Application*. Wiley

[http://books.google.nl/books?id=UBUdo\\_mbr6AC&pg=PA143&lpg=PA143&dq=izod+value+PLA&source=bl&ots=fOxqHn8fML&sig=avKhopFDtRS67JTFPreYFKMpPsw&hl=nl&sa=X&ei=sOuGVJOCBSy3UdSXgcgN&ved=0CDEQ6AEwAg#v=onepage&q=izod%20value%20PLA&f=false](http://books.google.nl/books?id=UBUdo_mbr6AC&pg=PA143&lpg=PA143&dq=izod+value+PLA&source=bl&ots=fOxqHn8fML&sig=avKhopFDtRS67JTFPreYFKMpPsw&hl=nl&sa=X&ei=sOuGVJOCBSy3UdSXgcgN&ved=0CDEQ6AEwAg#v=onepage&q=izod%20value%20PLA&f=false)

- Hinestroza, J., Netravali A.N. *Cellulose Based Composites: New Green Nanomaterials* Wiley

<http://books.google.nl/books?id=bbn9AgAAQBAJ&pg=PA265&dq=PLA+izod+value&hl=nl&sa=X&ei=4w2HVLfIOsG7acKogYgI&ved=0CEEQ6AEwAg#v=onepage&q=PLA%20izod%20value&f=false>

### PHA:

- Ipsita Roy, Visakh, P.M. *Polyhydroxyalkanoate (PHA) based blends, composites and nanocomposites*, Royal Society of Chemistry

<http://books.google.nl/books?id=15MgBQAAQBAJ&pg=PP1&dq=Polyhydroxyalkanoate&hl=nl&sa=X&ei=jgGHVI72NonkauHcgZgO&ved=0CCoQ6AEwAQ#v=onepage&q=Polyhydroxyalkanoate&f=false>



**PA-11:**

<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=e65d08dfa6c94e47a53734e8d22a53ff&ckck=1>

**(bio) PP:**

<http://www.dynalabcorp.com/files/Physical%20Properties.pdf>

<http://www.alliedmarketresearch.com/bio-based-poly-propylene-PP-market>

**(bio) PE:**

<http://www.kern-gmbh.de/cgi-bin/riweta.cgi?nr=1412&lng=2>

[http://www.dynalabcorp.com/technical\\_info\\_id\\_polyethylene.asp](http://www.dynalabcorp.com/technical_info_id_polyethylene.asp)

**(bio) PET:**

[http://www.readcube.com/articles/10.1002%2Fpol.1978.180160209?r3\\_referer=wol&tracking\\_action=preview\\_click&show\\_checkout=1](http://www.readcube.com/articles/10.1002%2Fpol.1978.180160209?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1)