

# BIOMASSA CONVERSIE

WAT ZIE JE OP DE FOTO?

foto: Chris Jordan

# 1. GRONDSTOFFEN GEZOCHT

## VAN DICHTBIJ BEKEKEN

Op de afbeelding is een stukje ingezoomd op de foto van de voorpagina, die is gemaakt door kunstenaar Chris Jordan. Het kunstwerk heeft de naam Plastic Bottles.

Op de foto staan 2 miljoen plastic flesjes. Deze hoeveelheid wordt elke vijf minuten in Noord-Amerika gebruikt. Er worden dagelijks 576.000.000 plastic PET-flesjes gebruikt in de VS.

PET staat voor polyethyleentereftalaat, dit is een polyester.



Foto: Chris Jordan

## GRONDSTOFFEN GEZOCHT

Voor de productie van PET-flesjes en andere plastics wordt bijna uitsluitend gebruik gemaakt van fossiele grondstoffen, zoals aardolie. Aardolie bevat 'oud' CO<sub>2</sub>, lang geleden is dit uit de atmosfeer opgeslagen diep onder de grond. Door het verbranden van aardolie komt dit weer vrij in de atmosfeer waardoor de CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht stijgt. Hierdoor warmt de aarde op. Daar komt nog eens bij dat de aardolievoorraad niet oneindig is, en begint op te raken.

Er moeten daarom alternatieven komen voor fossiele grondstoffen. Eén van de alternatieven die onderzocht wordt, is biomassa. Een voorbeeld van biomassa is (afval)hout of houtachtig landbouwafval. Hieruit kan cellulose gehaald worden, waaruit vervolgens suikers vrijgemaakt worden die, volgens onderzoek, als basis kunnen dienen voor onder andere plastic flesjes. Dit omzettingsproces heet biomassaconversie.

## WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

Bedrijven en universiteiten zoeken naar nieuwe soorten grondstoffen voor de productie van de brandstoffen, chemicaliën en materialen die we elke dag gebruiken. Binnen het wetenschappelijk onderzoek is het belangrijk dat gecontroleerd wordt of ontdekkingen

daadwerkelijk kloppen. Zo wordt een nieuw experiment door onafhankelijke wetenschappers goed bekeken en beoordeeld, voordat het in een wetenschappelijk tijdschrift wordt gepubliceerd. Dit noemen we 'peer review'. In de komende lessen gaan jullie een experiment herhalen en kijken of de claim dat je vanuit cellulose suikers kan maken klopt. Je test de volgende hypothese:

*Uit cellulose kun je suikers halen waarmee je uiteindelijk bioplastics kan maken.*

Daarnaast onderzoek je ook of het gebruik van biomassa echt wel beter is dan aardolie.

### BEGRIPPENLIJST SAMENSTELLEN

Je gaat samen met een paar klasgenoten een 'peer review' uitvoeren. Je moet goed weten waar je over praat, dus eerst stel je met elkaar een begrippenlijst op.

1. Pak de begrippenlijst op de laatste pagina erbij. Verdeel onderling begrippen 1 t/m 8 en zoek op wat ze betekenen. Kijk bijvoorbeeld in het cahier Biogrondstoffen op pagina 8 en pagina 13 en verder.
2. Leg aan je groep uit wat de begrippen betekenen die jij hebt opgezocht. Zorg dat je van elk begrip de betekenis noteert in de begrippenlijst.

De andere begrippen die in de begrippenlijst staan, zul je later in de lessen nog tegenkomen en dan de definities opzoeken.



*afvalhout*



*stro*

### GRONDSTOFFEN ONTLEDEN

Aan de hand van een experiment ga je in de volgende les de hypothese toetsen. In deze les kijk je naar de eerste, voorbereidende stappen om straks zelf het experiment uit te kunnen voeren.

3. Bekijk het filmpje waarbij hout gescheiden wordt in verschillende componenten. Er wordt uitgelegd wat ionische vloeistoffen zijn. Voeg de definitie hiervan toe aan je begrippenlijst.

*Filmpje: hout ontleden*

*In het filmpje werd hout gescheiden in cellulose, hemicellulose en lignine. Het onderzoek dat jullie herhalen zegt dat cellulose veel potentie heeft als grondstof voor plastic. Cellulose is een biopolymeer en bestaat uit lange ketens van monomeren. Het is het meest voorkomende organische materiaal op aarde en dus zeer makkelijk te verkrijgen. Het scheiden van de verschillende componenten in hout, nodig om cellulose in handen te krijgen, is echter niet eenvoudig.*

*Na deze scheidingsstap, moeten de bruikbare suikermoleculen nog vrijgemaakt worden uit cellulose, ook dat is niet eenvoudig. Cellulosemoleculen binden namelijk aan elkaar door waterstofbruggen. Waterstofbruggen op zichzelf zijn niet heel sterk. Maar omdat cellulose uit hele lange ketens bestaat en er dus heel veel waterstofbruggen tussen de moleculen zijn, is de interactie heel sterk en moeilijk te verbreken. Ook moeten de bindingen tussen de suikermoleculen nog verbroken worden.*

4. Zoek op waar cellulose uit bestaat. Teken de structuur van cellulose met minstens drie bouwstenen. Teken ook de losse bouwsteen, het monomeer, apart eronder en geef de naam van deze bouwsteen.

*Structuur van cellulose (teken minimaal drie componenten)*

*Structuur van cellulose (losse bouwsteen), dit molecuul heet .....*

**DEMONSTRATIE: CELLULOSE AFBREKEN**

Het afbreken van cellulose kan met een hydrolysereactie\*, maar deze reactie loopt niet vanzelf. Om deze reactie te laten verlopen, moet er een katalysator worden toegevoegd. Dit geldt voor veel van de verschillende processen om biomassa om te zetten. Katalyse speelt een belangrijke rol, bijvoorbeeld voor de selectieve en schone omzetting van cellulose. In de natuur wordt er ook veel gebruik gemaakt van katalyse, zo zijn enzymen of micro-organismen zogenaamde biokatalysatoren. Als er geen natuurlijke, maar door de mens gemaakte katalysatoren worden gebruikt, noemen we dit chemokatalyse. In dit onderzoek ga je gebruik maken van chemokatalyse.

5. Bespreek samen met je groep wat katalyse is en voeg de definitie toe aan je begrippenlijst.

Voordat je straks zelf aan de slag gaat met het experiment, krijg je een demonstratie van je docent hoe de eerste stap in de omzetting in zijn werk gaat. Door deze stap eenmalig in grotere hoeveelheden uit te voeren, kan iedereen in de klas straks met het resultaat aan de slag. In het bedrijfsleven worden ook typisch grotere hoeveelheden tegelijk geproduceerd, zodat het proces efficiënter is en de kosten dalen. Dit wordt opschaling genoemd.

**BIOMASSA VERSUS FOSSIELE GRONDSTOFFEN**

6. Zoek de betekenis van de begrippen 11 tot en met 18 van de begrippenlijst op. Voeg de definities toe aan de begrippenlijst.

7. Zijn er nog andere opties behalve hout om duurzame grondstoffen uit te halen? Zo ja, welke?

.....  
.....

8. Welke generatie(s) grondstof heeft of hebben de voorkeur? Leg uit.

.....  
.....  
.....

9. Wat denk jij: is biomassa beter dan fossiele grondstoffen? Gebruik argumenten waarbij het gaat om je portemonnee, het milieu of hernieuwbaarheid.

.....  
.....

*\*Hydrolysereactie is een reactie waarbij door toevoeging van water een molecuul wordt opgebroken in kleinere moleculen.*

## 2. HOE SCHONER HOE BETER

### EXPERIMENT: PRODUCTZUIVERING

Vandaag gaan je verder met het bewijzen van de hypothese:

*Uit cellulose kun je suikers halen waarmee je uiteindelijk bioplastics kan maken.*

Tijdens de vorige les kreeg je een demonstratie van je docent. Je gaat nu samen met een klasgenoot werken met het product dat hieruit is voortgekomen.

In het mengsel zit 15 mL 1 M zwavelzuur samen met gehydrolyseerd wc-papier. In het komende practicum ga je dit zuiveren.

1. Een van de stappen in het zuiveren is dat je hier calciumhydroxide aan toevoegt. Bedenk en leg uit waarom je dit gaat doen.

.....

.....

.....

2. Reken uit hoeveel gram calciumhydroxide je nodig hebt.

.....

.....

.....

.....

3. Vergelijk je antwoord met een ander. Hebben jullie hetzelfde antwoord of zijn er verschillen? Als er verschillen zijn, bespreek deze met elkaar en probeer tot een gezamenlijk antwoord te komen.

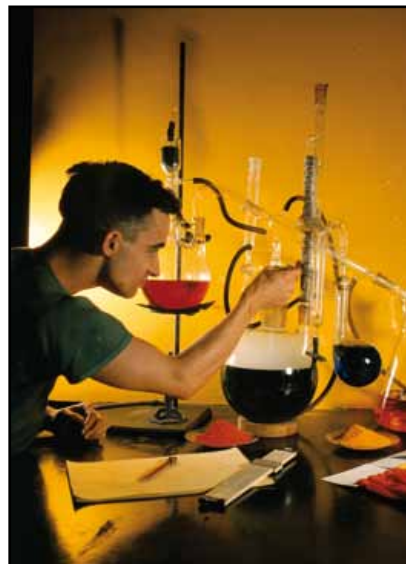
.....

.....

## VOORBEREIDING

### Voor het practicum heb je nodig:

bekglas met gehydrolyseerd wc-papier uit de vorige les  
 2x 50 mL spuit met luer-lock aansluiting  
 2x spuitfilter  
 spatel  
 2x propje watten  
 demiwater  
 calciumhydroxide  
 weegbakje  
 bekglas 250 mL (hoog)  
 bekglas 250 mL (normaal)  
 pH-papier  
 pincet  
 markeerstift  
 labjas  
 veiligheidsbril



## UITVOERING

- I. Doe een labjas aan en zet een veiligheidsbril op.
- II. Neem een 50 mL spuit met luer-lock aansluiting, draai hier de spuitfilter op.
- III. Doe met een spatel een flinke prop watten in de spuit zodat de hele bodem goed bedekt is.
- IV. Neem een hoog bekglas.
- V. Giet de inhoud van het bekglas dat je van de docent krijgt met het gehydrolyseerde wc-papier in de spuit. Zorg dat je de spuit boven het bekglas houdt.
- VI. Spoel het bekglas waarin je gehydrolyseerd wc-papier zat één keer na met 15 mL demiwater zodat het bekglas zo schoon mogelijk is en doe het demiwater in de spuit.
- VII. Spuit de oplossing voorzichtig door het filter heen in het bekglas.
- VIII. Meet de hoeveelheid calciumhydroxide af die jullie hebben berekend.
- IX. Voeg in een paar porties het calciumhydroxide toe aan het bekglas. Zwenk elke keer als je calciumhydroxide hebt toegevoegd zodat alles goed mengt.

Zelfs als je goed mengt, zal er constant een neerslag in je bekeerglas te zien zijn.

4. Beredeneer waar deze neerslag uit bestaat.

.....  
 .....

*X. Controleer, als je alles hebt toegevoegd, met pH-papier of het gehydrolyseerde wc-papier neutraal of basisch is (houd het pH-papier met een pincet in het filtraat).*

*XI. Voeg, als de oplossing nog zuur is, nog 0.1 g extra calciumhydroxide toe. Hierna is extra calciumhydroxide toevoegen niet meer nodig, ook als je gehydrolyseerde wc-papier nog steeds zuur is.*

Ondanks dat je netjes hebt berekend hoeveel calciumhydroxide je toe moest voegen zullen er duo's zijn waarbij het gehydrolyseerde wc-papier na toevoeging hiervan nog steeds zuur is. Denk samen na over hoe dit kan komen. Je herhaalt een deel van de handelingen van zojuist met het verkregen product:

*XII. Neem een schone 50 mL spuit met luer-lock aansluiting, draai hier een nieuw spuitfilter op.*

*XIII. Doe met een spatel een grote prop watten in de spuit zodat de hele bodem goed bedekt is.*

*XIV. Neem een schoon bekeerglas van 250 mL en schrijf jullie namen erop.*

*XV. Giet het gehydrolyseerde wc-papier waaraan je calciumhydroxide hebt toegevoegd, in de spuit. Zorg dat je de spuit boven het bekeerglas houdt.*

*XVI. Spoel met een klein beetje demiwater het bekeerglas schoon en doe dit in de spuit.*

*XVII. Spuit de oplossing voorzichtig door het filter heen in het schone bekeerglas waar jullie namen op staan.*

*XVIII. Vraag aan je docent waar je je gezuiverde gehydrolyseerde wc-papier weg kan zetten tot de volgende les.*

*XIX. Ruim alle gebruikte spullen netjes op.*

In het bovenstaande experiment hebben jullie het gehydrolyseerde wc-papier gezuiverd. In de volgende les ga je kijken of jullie experiment hetzelfde resultaat heeft als door andere onderzoekers is geclaimd, namelijk dat er uit hout suikers gemaakt kunnen worden.

5. Zoek de definitie van begrip 19 op en voeg deze toe aan je begrippenlijst.



## 3. HYPOTHESE BEWEZEN?

Vandaag ga je de hypothese proberen te bewijzen:

*Uit cellulose kun je suikers halen waarmee je uiteindelijk bioplastics kan maken.*

Allereerst gaan jullie samen kijken of jullie product uit de vorige les, zoals wordt geclaimd, inderdaad de suiker glucose is.

### EXPERIMENT: SUIKER AANTONEN

Een manier om een suiker als glucose in een oplossing aan te tonen is de oplossing te laten reageren met fehlingreagens, dit wordt ook wel de Fehlingproef genoemd. De aldehyde-groep in de open vorm van glucose wordt geoxideerd tot een carbonzuur en het koper(II)sulfaat wordt gereduceerd tot koper(I)oxide. Hier is dus sprake van een redoxreactie\*. Het koper(I)oxide slaat neer. Dit gebeurt alleen als er monomere suikers aanwezig zijn in de oplossing. Het fehlingreagens zonder suiker is blauw.

1. Welke kleur ontstaat er als het fehlingreagens reageert met suiker? (Tip: gebruik binas)

.....

### VOORBEREIDING

#### Voor het practicum heb je nodig:

weegschaal

bunsenbrander

stoffen ter vergelijking: zuivere glucose, dextro, stukje wc-papier

spatel

demiwater

bekerglas met jullie namen met product uit het vorige experiment

pipet

reageerbuisrekje met vijf gevulde reageerbuizen

labjas

veiligheidsbril

reageerbuisknijper

\* Bij een redoxreactie draagt de ene stof, de reductor, elektronen over naar de andere stof, de oxidator.

**UITVOERING**

- I. Doe een labjas aan en zet een veiligheidsbril op.
- II. De docent of TOA heeft vijf reageerbuizen gevuld met 0,5 mL Fehling I (0,25 M  $\text{CuSO}_4$ ) en 0,5 mL Fehling II (1,5M NaK(tartraat), 2,5 M NaOH).
- III. Label de reageerbuizen met de nummers 1 tot en met 5.
- IV. Vul de vijf reageerbuizen zoals hieronder staat aangegeven.

**LET OP: Wanneer je product nog vloeibaar is, gebruik dan 3 mL daarvan. Wanneer het poeder is, voeg je 3 mL demiwater toe. Dit kun je met een pipet afmeten.**

Reageerbuis	Toevoegen:
1	3 mL demiwater
2	spatelpunt dextro + 3 mL demiwater
3	spatelpunt glucose + 3 mL demiwater
4	3 mL vloeibaar product uit de vorige les OF spatelpunt vast product uit de vorige les + 3 mL demiwater
5	stukje wc-papier + 3 mL demiwater

- V. Zwenk alle reageerbuizen zodat alles goed gemengd is.

**LET OP BIJ DE VOLGENDE STAP**

Richt de opening van de reageerbuis niet op andere mensen. Blijf je reageerbuis continu zwenken in de vlam. Zodra de inhoud van je reageerbuisje begint te koken: haal DIRECT uit het vuur.

- VI. Verwarm elk van de reageerbuizen in een blauwe vlam van een bunsenbrander tot de oplossing begint te koken. Blijf continu zwenken met de reageerbuis in de vlam. Houd de reageerbuis vast met een speciale knijper.

Als er in reageerbuis 4 niet gelijk gebeurt wat je verwacht kan je deze een tijdje stil laten staan en dan nog eens kijken wat er gebeurt.

2. Wat zie je gebeuren? Vul dit in de onderstaande tabel in.

Reageerbuis	Wat gebeurt er na opwarming?
1	.....
2	.....
3	.....
4	.....
5	.....

3. Welke conclusies kun je uit jullie gegevens trekken? Zit er glucose in je product? Denk bij je conclusie ook aan de zuiverheid van het product.

.....

.....

.....

.....

.....

Een vraag die je jezelf kan stellen is hoe efficiënt de methode eigenlijk is. Stel dat je in een fabriek de reactie opschaaft en 1000 kg cellulose bewerkt tot er 253.5 kg glucose overblijft.

4. Bereken hoeveel mol glucose er uit 1000 kg cellulose gehaald wordt.

.....

.....

5. Wat kun je zeggen over het rendement van het proces?

.....  
.....

**BIOMASSA ALS GRONDSTOF**

Bekijk het filmpje over de toepassing van biomassa als grondstof.

6. Leg uit wat maakt dat PEF een bioplastic is.

.....  
.....  
.....  
.....



*PEF of PET?*

**AFSLUITING**

Bij het testen van een hypothese is het belangrijk weer te geven wat voor stappen je hebt ondernomen in je experiment. Hiervoor maak je gebruik van een schema. Van de docent krijgen jullie een A4-tje met de belangrijkste begrippen met betrekking tot het proces.

- 7. Knip de kaartjes uit langs de lijnen.
- Maak met de kaartjes een schema/stappenplan.
- Plak de kaartjes op een leeg vel papier.

Bij een onderzoek hoort ook altijd een samenvatting. Hierin omschrijf je kort, in taal die iedereen begrijpt, waar het onderzoek over ging en wat de resultaten waren.

8. Schrijf een korte samenvatting van je hele onderzoek.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## BEGRIPPENLIJST

<i>Begrip</i>	<i>Definitie</i>
Duurzaamheid	
Fossiele grondstoffen	
Duurzame grondstoffen	
Biomassa	
Biomassaconversie	
1e generatie grondstof	
2e generatie grondstof	
3e generatie grondstof	
Ionische vloeistof	
Katalyse	
Activeringsenergie	
Polymeren	
Monomeren	
Waterstofbruggen	
Cellulose	
PEF	
PET	
Opschaling	
Zuiveren	