

## Biodiesel en biomethanol

---

Biodiesel kan in plaats van diesel die uit aardolie wordt geproduceerd, als autobrandstof worden gebruikt. De biodiesel bestaat uit vetzuren die zijn veresterd met methanol.

- 3p **6** Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van biodiesel. Gebruik  $C_{19}H_{36}O_2$  als (gemiddelde) molecuulformule voor biodiesel.

In een bepaalde soort biodiesel komt de ester van oliezuur ( $C_{17}H_{33}COOH$ ) en methanol voor.

- 2p **7** Geef de structuurformule van deze ester. Geef het koolwaterstofgedeelte op dezelfde wijze weer als hierboven in de formule van oliezuur.

Biodiesel wordt geproduceerd door plantaardige of dierlijke vetten en oliën te laten reageren met methanol. Daarbij ontstaat glycerol als bijproduct.

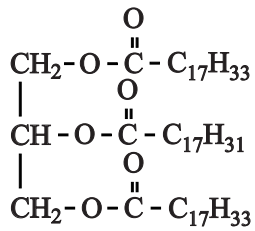
Deze productie van biodiesel kan als volgt in woorden worden weergegeven:

vet of olie + methanol  $\rightarrow$  biodiesel + glycerol (reactie 1)

Hoe groter het gehalte aan  $C=C$  bindingen in de biodiesel is, des te minder stroperig is deze en des te lager is de temperatuur waarbij vaste bestanddelen ontstaan. Dit hangt samen met de soort binding tussen de moleculen in biodiesel.

- 1p **8** Geef de naam van deze soort binding.

De olie die uit koolzaad wordt gewonnen, wordt veel gebruikt als grondstof voor biodiesel. Koolzaadolie bevat onder andere moleculen met de volgende structuurformule.



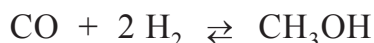
- 2p 9 Hoeveel C = C bindingen komen voor in dit molecuul? Licht je antwoord toe.

In 2009 is in Delfzijl een fabriek gestart waarin glycerol wordt omgezet tot methanol. De omzetting van glycerol tot methanol vindt plaats in twee reactoren. De glycerol die na zuivering is verkregen bij de productie van biodiesel, wordt onder hoge druk en bij hoge temperatuur door reactie met stoom omgezet tot een mengsel van koolstofdioxide, koolstofmono-oxide en waterstof. Na afscheiding van het koolstofdioxide wordt het mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof in een tweede reactor omgezet tot methanol. Deze methanol wordt vanwege zijn herkomst aangeduid als biomethanol.

De molverhouding waarin koolstofmono-oxide en waterstof in de eerste reactor ontstaan, hangt af van de molverhouding waarin glycerol ( $C_3H_8O_3$ ) en stoom ( $H_2O$ ) reageren.

- 3p 10 Geef de vergelijking van de reactie in de eerste reactor wanneer glycerol met stoom reageert in de molverhouding 2 : 1.
- 2p 11 Beredeneer dat per mol koolstofmono-oxide meer waterstof ontstaat, wanneer glycerol met meer stoom reageert.

In de tweede reactor stelt zich bij hoge temperatuur en hoge druk onder invloed van een katalysator het volgende evenwicht in:



Hoewel het evenwichtsmengsel bij lagere temperatuur rijker is aan methanol dan bij hogere temperatuur, wordt de reactor toch op een hogere temperatuur gehouden.

- 2p 12 Leg uit waarom de reactor toch op een hogere temperatuur wordt gehouden.

In plaats van methanol die uit aardgas wordt geproduceerd, kan biomethanol worden gebruikt voor de productie van biodiesel. De productie van biodiesel wordt duurzamer door het gebruik van biomethanol.

Een biodieselfabriek en een biomethanolfabriek gaan als volgt te werk:

- De biodieselfabriek levert alle glycerol die ontstaat bij de productie van biodiesel aan de biomethanolfabriek.
- De biomethanolfabriek produceert uit deze glycerol biomethanol en levert dit aan de biodieselfabriek.
- Deze biomethanol wordt gebruikt voor de productie van biodiesel.

De biomethanolfabriek produceert per jaar  $200 \cdot 10^3$  ton biomethanol uit de glycerol die de biodieselfabriek levert.

De  $200 \cdot 10^3$  ton biomethanol is minder dan de hoeveelheid methanol die de biodieselfabriek nodig heeft voor de biodieselproductie. De biodieselfabriek gebruikt dus ook methanol die uit aardgas is geproduceerd.

- 3p 13 Bereken hoeveel ton methanol die uit aardgas is geproduceerd, de biodieselfabriek per jaar gebruikt.

Ga bij de berekening uit van de volgende gegevens:

- reactie 1;
- uit 10 ton vet wordt 10 ton biodiesel en 1,0 ton glycerol geproduceerd;
- uit 1,3 ton glycerol wordt 1,0 ton biomethanol geproduceerd.