

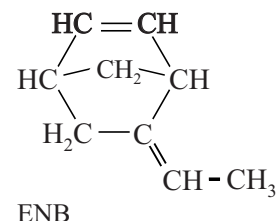
## EPDM-rubber

EPDM-rubber is een synthetische rubbersoort, die veel wordt gebruikt in de auto-industrie voor bijvoorbeeld afdichtingsstrips en raamrubbers.

Bij de productie van EPDM-rubber wordt eerst thermoplastisch EPDM (t-EPDM) gemaakt.

Hierbij ondergaat een mengsel van etheen, propheen en een zogeheten diene een additie-polymerisatie.

Een veelgebruikt diene hierbij is ethylideen-norborneen (ENB). De structuurformule van ENB is hiernaast weergegeven. Bij de vorming van t-EPDM reageert alleen de C=C-binding die zich in de ring bevindt.



- 3p **13** Teken de structuurformule van een gedeelte van een molecuul t-EPDM. Dit gedeelte moet komen uit het midden van een molecuul en moet bestaan uit één eenheid van etheen, propheen en ENB.

De polymerisatie tot t-EPDM verloopt onder invloed van een katalysator. Er zijn twee types katalysator beschikbaar:

- Type 1: hiermee wordt de vorming van een willekeurig (random) copolymeer bevorderd;
- Type 2: hiermee wordt de vorming van een blok-copolymeer bevorderd.

Het blijkt dat de keuze van het type katalysator een sterke invloed heeft op de vorming van kristallijne gebieden in het t-EPDM. In een kristallijn gebied vertonen de polymeerketens een grote mate van ordening.

In t-EPDM zijn geen crosslinks aanwezig tussen de polymeerketens.

- 2p **14** Leg uit of toepassing van een katalysator type 2 bij de polymerisatie leidt tot een groter of kleiner percentage kristallijne gebieden. Gebruik hierbij Binas-tabel 66F of ScienceData-tabel 11.1.3.

De vervormbaarheid van t-EPDM wordt minder naarmate het materiaal meer kristallijne gebieden bevat.

- 2p **15** Leg uit dat t-EPDM met een groot percentage kristallijne gebieden een kleinere vervormbaarheid heeft dan t-EPDM met een klein percentage kristallijne gebieden. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

Het t-EPDM wordt vervolgens omgezet tot het eindproduct EPDM-rubber.

Tot voor kort werd EPDM-rubber geproduceerd op basis van fossiele grondstoffen. In Brazilië gebruikt men nu bio-ethanol uit suikerriet in plaats van aardolie als grondstof voor het benodigde etheen. De omzetting van ethanol tot etheen is hieronder weergegeven.



Het etheen afkomstig uit reactie 1 wordt vervolgens gebruikt om EPDM-rubber te produceren onder de merknaam Keltan<sup>®</sup>-Eco.

Biogebaseerde producten worden gecontroleerd om misbruik van belastingvoordelen te voorkomen. Hiertoe wordt het gehalte <sup>14</sup>C-atomen in het product bepaald. <sup>14</sup>C-atomen worden in de atmosfeer door kosmische straling gevormd uit <sup>14</sup>N-atomen. Uit de <sup>14</sup>C-atomen wordt in de atmosfeer snel <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> gevormd. Het gehalte <sup>14</sup>C in de atmosfeer is constant. Het gehalte <sup>14</sup>C in biomassa bedraagt hierdoor gemiddeld  $1,5 \cdot 10^{-6}$  ppm van alle C-atomen. De <sup>14</sup>C-atomen worden in de loop van de tijd door radioactief verval omgezet tot <sup>14</sup>N-atomen.

- 2p 16 Leg uit of het gehalte <sup>14</sup>C in Keltan<sup>®</sup>-Eco hoger of lager is dan in EPDM-rubber dat is geproduceerd op basis van fossiele grondstoffen.

Reactie 1 is endotherm. De benodigde warmte wordt in het proces geleverd door verbranding van de resten van het suikerriet.

- 4p 17 Bereken de massa in kilogram suikerriet-resten die nodig is om de energie te leveren voor de omzetting van 1,0 ton ethanol tot etheen.
- Gebruik Binas-tabel 28B en 57 of ScienceData-tabel 8.7b en 9.2.
  - Neem aan dat de suikerriet-resten volledig bestaan uit hout.
  - Een ton is  $10^3$  kg.

De omzetting van ethanol tot etheen vindt plaats aan het oppervlak van een aluminiumoxide-katalysator. Op de uitwerkbijlage is een deel van het oppervlak weergegeven. Uit onderzoek is gebleken dat de OH-groepen en de O<sup>-</sup>-groepen aan het oppervlak een belangrijke rol spelen in de katalytische werking. Men vermoedt dat hierbij waterstofbruggen worden gevormd tussen moleculen ethanol en de aanwezige groepen op het oppervlak.

- 2p 18 Teken op de uitwerkbijlage hoe een molecuul ethanol met twee waterstofbruggen gebonden is aan het oppervlak. Geef elke waterstofbrug weer met een stippellijn.

Per mol monomeereenheden van Keltan<sup>®</sup>-Eco is gemiddeld 0,55 mol etheen, 0,40 mol propeen (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>) en 0,050 mol ENB aanwezig.

- 4p 19 Bereken het volume in liter propeen dat minimaal nodig is om 1,0 kg Keltan<sup>®</sup>-Eco te produceren. Gebruik hierbij onder andere de volgende gegevens:
- De dichtheid van propeen is  $1,75 \text{ kg m}^{-3}$ .
  - De gemiddelde molaire massa van een monomeereenheid van Keltan<sup>®</sup>-Eco is  $38,3 \text{ g mol}^{-1}$ .