

Opgave 2 Levensduur van kunststoffen

In de loop van deze eeuw is men steeds meer voorwerpen van kunststof ('plastic') gaan maken. Er zijn allerlei soorten kunststof.

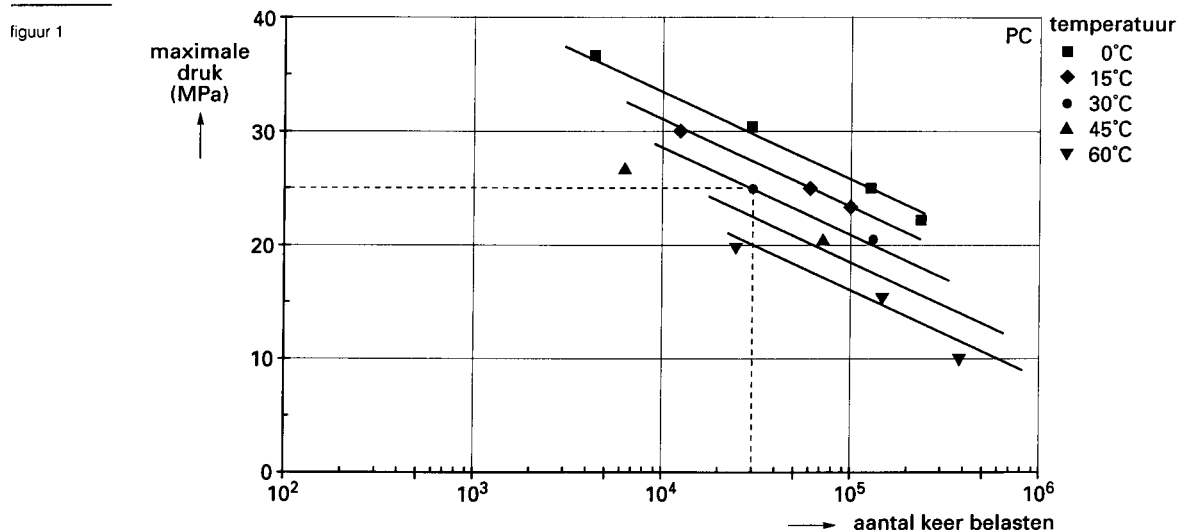
Een voorwerp van kunststof kan breken. Soms gebeurt dit in één keer door overbelasting, bijvoorbeeld als je een plastic koffielepeltje dubbelvouwt. Ook bij normaal gebruik kan een voorwerp van kunststof breken, doordat het heel vaak tamelijk licht belast wordt. Denk maar aan een schoenzool die bij elke stap heen en weer buigt, of een tuinstoel die telkens iets doorbuigt als er iemand op gaat zitten. Er ontstaan dan heel kleine scheurtjes, die geleidelijk aan steeds groter worden, tot het voorwerp uiteindelijk breekt. Na hoeveel tijd dat gebeurt, hangt onder meer af van de temperatuur.

ABS is een kunststof, waar men onder andere schoenzolen van maakt. Uit een Delfts onderzoek blijkt dat voor voorwerpen van ABS de volgende vuistregel geldt: *als de temperatuur 10 °C hoger wordt, dan wordt de levensduur half zo lang.* Deze regel geldt voor zover de overige omstandigheden gelijk blijven.

We kijken wat dit betekent voor de levensduur van schoenzolen in Nederland en in Kenia. Neem aan dat het in Nederland voortdurend 15 °C is, en in Kenia 30 °C. De levensduur van een schoenzool is in Nederland 5 jaar.

4p 5 □ Bereken de levensduur van zo'n schoenzool in Kenia bij hetzelfde gebruik.

Een andere bekende kunststof is PC. Ook dit materiaal heeft men in Delft onderzocht. Bij een van de onderzoeken belastte men stukjes PC een groot aantal keren, tot ze braken. Hoeveel keer een stukje PC kan worden belast, hangt af van de temperatuur, en van de maximale druk die bij het belasten wordt uitgeoefend. In figuur 1 zijn de resultaten verwerkt.



De temperatuur wordt uitgedrukt in °C, de maximale druk in MPa (megapascal). Je kunt bijvoorbeeld aflezen dat bij een temperatuur van 30 °C en een maximale druk van 25 MPa een stukje PC brak na ongeveer 30 000 keer belasten.

Op grond van deze proeven is een model opgesteld. Hierbij horen de *lijnen* in figuur 1.

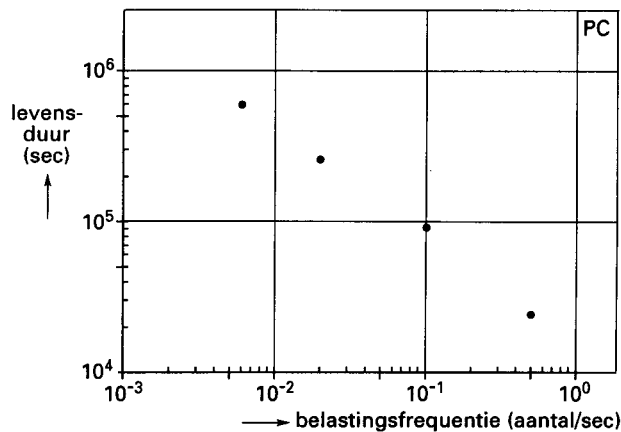
Eindexamen wiskunde A vwo 1997-II

Volgens dit model geldt voor PC: naarmate de temperatuur hoger is, breekt het materiaal na een kleiner aantal keer belasten. (De overige omstandigheden blijven hierbij gelijk.) Bij elke 15 °C temperatuurverhoging vermindert dit aantal met een vast percentage.

- 5p 6 Bereken met behulp van figuur 1 hoe groot dit percentage ongeveer is.

Behalve de temperatuur en de maximale druk is ook van belang hoeveel keer per seconde het materiaal belast wordt. Dit aantal wordt de *belastingfrequentie* genoemd. Het zal weinig verbazing wekken dat naarmate de belastingfrequentie lager is, de levensduur (in seconden) hoger is. Dit is te zien voor PC in figuur 2. Hierin zijn de resultaten van vier belastingsproeven weergegeven waarbij uitsluitend de belastingfrequentie telkens anders is gekozen.

figuur 2



- 4p 7 Deze vier proeven zijn na elkaar uitgevoerd. Bereken hoeveel dagen dit ten minste heeft geduurd.

We kunnen ook letten op het aantal keren dat het materiaal belast kan worden tot het breekt. Je zou kunnen denken dat dit aantal kleiner is naarmate de belastingfrequentie groter is.

- 3p 8 Toon aan dat dit niet waar is.

Voor de levensduur van een tuinstoel is niet alleen van belang of er lichte of zware personen op zitten, maar ook de manier waarop iemand gaat zitten, of iemand veel wiebelt, enzovoort. Om hierin meer inzicht te krijgen, heeft men in het laboratorium een installatie gebouwd waarmee met een steeds wisselende druk op een stoel *geduwd* kan worden.

De druk S die op de zitting wordt uitgeoefend, laat men volgens een sinusvormig patroon variëren.

In de volgende vragen gaan we uit van:

$$S = a \cdot \sin(bt) + c \quad (S \text{ in MPa en } t \text{ in seconden, } a \text{ en } c \text{ positief})$$

- 3p 9 Waarom geldt $a \leq c$?

Bij een proef heeft S een periode van 2 seconden, en geldt $a = 27,5$.

- 6p 10 Onderzoek of bij deze proef de snelheid waarmee de uitgeoefende druk verandert, op bepaalde momenten groter wordt dan 60 MPa per seconde.