

## Klimaatverandering

Het KNMI rapporteert regelmatig over het klimaat in Nederland. De gegevens in deze opgave zijn afkomstig uit het rapport van 2008.

Het KNMI heeft de seizoenen (winter, lente, zomer, herfst) over de periode 1901-2007 op basis van de temperatuur een cijfer gegeven. Zie tabel 1.

**tabel 1**

categorie	cijfer
zeer koud	1
koud	2
normaal	3
warm	4
zeer warm	5

De cijfers voor het jaar 1918 staan in tabel 2.

**tabel 2**

jaar	winter	lente	zomer	herfst	jaarcijfer
1918	3	4	1	1	3

Elk jaar heeft van het KNMI ook een jaarcijfer  $J$  gekregen. Dit jaarcijfer staat in de laatste kolom van tabel 2.  $G$  is het gemiddelde van de cijfers van de vier seizoenen (afgerond op een geheel getal). Het jaarcijfer  $J$  is niet altijd gelijk aan dit gemiddelde  $G$ . We noteren het verschil  $V$  met:  $V = G - J$ .

- 2p **14** Bereken de waarde van  $V$  voor het jaar 1918.

In tabel 3 staat van een aantal waarden van  $V$  hoe vaak ze voorgekomen zijn in de 107 jaar in de periode 1901-2007.

**tabel 3**

waarde van $V$	aantal jaren in de periode 1901-2007
-2	
-1	
0	56
1	33
2	4

Alle waarden van  $V$  opgeteld geeft 26.

- 4p **15** Bereken met behulp van bovenstaande gegevens hoe vaak geldt  $V = -2$ .

In de 87 jaren van 1901 tot en met 1987 kwamen er 35 winters voor in de categorieën 4 of 5 (zachte winters). Op basis hiervan gaat men ervan uit dat de kans op een zachte winter ieder jaar  $\frac{35}{87}$  is. Het valt een

medewerker van het KNMI op dat in de 20 jaren na 1987, van 1988 tot en met 2007, het aantal zachte winters relatief veel groter is. Die periode telde namelijk maar liefst 15 zachte winters. Op basis van deze waarneming stelt hij dat het klimaat in Nederland aan het opwarmen is en dat als gevolg daarvan de kans op een zachte winter gestegen is.

- 5p **16** Laat met een hypothesetoets zien dat er voldoende reden is om aan te nemen dat de kans op een zachte winter in de periode 1988-2007 significant groter is dan die in de periode 1901-1987. Gebruik een significantieniveau van 1%.

De jaartemperatuur is de gemiddelde temperatuur in een heel kalenderjaar. Tot 1988 ging het KNMI uit van een model waarin de jaartemperatuur normaal verdeeld is met een gemiddelde van  $9,2^\circ\text{C}$  en een standaardafwijking van  $0,6^\circ\text{C}$ .

- 3p **17** Bereken de kans op een jaartemperatuur boven de  $10,5^\circ\text{C}$  volgens dit model.

De warme jaren 1988-2007 waren voor het KNMI aanleiding om te veronderstellen dat de temperatuur in Nederland opvallend aan het stijgen was. Zo kwam in de 20 jaren, van 1988 tot en met 2007, de jaartemperatuur wel 8 keer boven de  $10,5^\circ\text{C}$ . De onderzoekers wilden daarom hun model met  $\mu = 9,2$  en  $\sigma = 0,6$  zodanig bijstellen, dat de kans op een jaartemperatuur boven de  $10,5^\circ\text{C}$  (ongeveer) gelijk zou zijn aan  $\frac{8}{20}$ .

Het KNMI bekeek twee verschillende manieren om het model bij te stellen.

- Model A: het gemiddelde wordt met  $x^\circ\text{C}$  verhoogd en de standaardafwijking blijft  $0,6^\circ\text{C}$ .
- Model B: het gemiddelde wordt verhoogd met  $0,5x^\circ\text{C}$ , dus met de helft van de verhoging die voor model A nodig is. De standaardafwijking moet dan echter wel verhoogd worden.

Onderzoekers berekenden dat voor model A het gemiddelde met ongeveer  $1,15^\circ\text{C}$  verhoogd moest worden.

- 4p **18** Bereken het gemiddelde en de standaardafwijking voor model B.