

## ■ Geluidssnelheid in de atmosfeer

Men gaat er vaak vanuit dat de geluidssnelheid in lucht 340 meter per seconde is. Dat is niet helemaal waar. In werkelijkheid hangt de snelheid van het geluid af van de temperatuur. Bij windstil weer wordt het verband bij benadering weergegeven door de volgende formule:

$$V = 331 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

Hierbij is  $V$  de snelheid van het geluid in meter per seconde bij een temperatuur van  $T$  graden Celsius.

In de twintigste eeuw varieerde de temperatuur in Nederland van  $-27,4$  °C tot  $38,6$  °C. De laagste temperatuur van  $-27,4$  °C werd op 27 januari 1942 in Winterswijk gemeten. De hoogste temperatuur van  $38,6$  °C werd op 23 augustus 1944 in Warnsveld bereikt. Neem aan dat de temperaturen gemeten zijn bij windstil weer.

- 3p 5  Bereken het verschil van de geluidssnelheden bij deze twee temperaturen.

Bij de volgende vragen gaan we steeds uit van een temperatuur van  $15$  °C op  $0$  km hoogte.

In de atmosfeer neemt de temperatuur tot op  $10$  km hoogte lineair af tot  $-50$  °C volgens de formule  $T = 15 - 6,5h$ . Hierbij is  $h$  de hoogte in kilometer.

Als deze formule wordt gecombineerd met de formule  $V = 331 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$  kan worden afgeleid dat voor het verband tussen  $V$  en  $h$  bij benadering de volgende formule geldt:

$$V = 331 \sqrt{1,0549 - 0,0238h}$$

- 3p 6  Leid deze formule af.

Een grote afstand, zoals bijvoorbeeld Amsterdam - Toronto, moet met een passagiersvliegtuig snel afgelegd kunnen worden. Dat kan alleen als het vliegtuig hoog vliegt omdat dan de luchtweerstand klein is. Voor passagiersvliegtuigen zoals de Boeing 747 mag de snelheid echter hoogstens 90% van de geluidssnelheid zijn. Een Boeing 747 wil een snelheid maken van  $975$  km per uur ( $270,8$  m/s).

- 4p 7  Bereken tot op welke hoogte dit vliegtuig kan vliegen. Geef het antwoord in kilometers afgerond op één decimaal.