

## Formule van Wilson

De geluidssnelheid in zeewater kan worden benaderd met de formule van Wilson:

$$v = 1449,2 + 4,623T - 0,0546T^2 + 1,391(Z - 35) + \frac{D}{60}$$

Hierin is

- $v$  de geluidssnelheid in m/s;
- $T$  de watertemperatuur in °C;
- $Z$  het zoutgehalte van het zeewater in promille (‰);
- $D$  de waterdiepte in m.

In enkele gesloten zeeën (zoals de Kaspische Zee en de Dode Zee) wijkt het zoutgehalte sterk af van het zoutgehalte van open zeeën. Zo is het zoutgehalte van de Dode Zee met 337‰ ongeveer 10 keer zo hoog als het zoutgehalte van gewoon zeewater.

De Kaspische Zee is met een gemiddeld zoutgehalte van 12‰ veel minder zout dan gewoon zeewater.

- 3p 1 Bereken bij gelijke watertemperatuur ( $T$ ) en gelijke waterdiepte ( $D$ ) het verschil tussen de geluidssnelheid in de Dode Zee en in de Kaspische Zee. Geef je eindantwoord in een geheel aantal m/s.

Bij een bepaalde watertemperatuur zal de geluidssnelheid in zeewater maximaal zijn. Deze watertemperatuur is onafhankelijk van de waterdiepte en het zoutgehalte. Daarom mogen  $Z$  en  $D$  als constanten worden beschouwd bij het berekenen van deze watertemperatuur.

- 3p 2 Bereken algebraïsch de temperatuur in graden Celsius waarbij de geluidssnelheid in zeewater maximaal is. Geef je eindantwoord in één decimaal.

Vanuit een onderzeeboot kan men door middel van een sonarapparaat afstanden bepalen. Hiervoor zendt de onderzeeboot een geluidssignaal uit. Door een ander object in het water wordt dit signaal teruggekaatst. Men meet het tijdsverschil tussen het moment van uitzenden van het signaal en het moment waarop het teruggekaatste signaal weer ontvangen wordt.

Een onderzeeboot en een object bevinden zich op 20 meter diepte in zeewater van 10 °C met een zoutgehalte van 35‰. De onderzeeboot zendt een geluidssignaal uit, dat door het object wordt teruggekaatst; 12,45 seconden nadat het is uitgezonden wordt het teruggekaatste signaal weer opgevangen.

- 3p 3 Bereken hoe ver het object van de onderzeeboot verwijderd is. Geef je eindantwoord in honderden meters.