

- 32 Een vrijstaand huis is opgetrokken uit muren en vloeren van beton. In het huis zit 400 m³ lucht. 's Morgens is de temperatuur van lucht en beton 15,0 °C. Dan schakelt de thermostaat de verwarming in om de lucht in het huis te verwarmen tot 20,0 °C.
- a Bereken hoeveel warmte nodig is om de lucht te verwarmen tot 20,0 °C.
- Als je de lucht verwarmt, verwarm je ook een gedeelte van het beton. In het huis is 1,2·10<sup>5</sup> kg beton verwerkt. De gemiddelde temperatuur van het beton is 15,0 °C.
- b Toon aan dat er veel meer warmte nodig is om het beton te verwarmen dan om de lucht te verwarmen.
- Een woning verliest warmte via de ramen, de muren en het dak. De oppervlakte van de muren is 114 m². Voor de hoeveelheid warmte die per seconde door de muren gaat geldt een aangepaste formule voor de warmtestroom:  $P = c \cdot A \cdot \Delta T$ . De waarde van de constante  $c = 0,80$ .
- c Leid de eenheid van  $c$  af.
- Het gemiddelde stookseizoen in Nederland duurt 250 dagen. Gedurende het stookseizoen is het temperatuurverschil tussen binnen en buiten gemiddeld 13,0 °C.
- d Bereken de warmte die in een stookseizoen door de muren naar buiten gaat. Voor een vrijstaande woning zijn de stookkosten €1100,- per jaar.
- e Bereken hoeveel geld je bespaart als je de thermostaat tijdens het gehele stookseizoen 1,0 °C lager zet.

Opgave 32

- a De hoeveelheid warmte om de lucht te verwarmen bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
- De massa van de lucht bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 1,293 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$V = 400 \text{ m}^3$$

$$1,293 = \frac{m}{400}$$

$$m = 5,172 \cdot 10^2 \text{ kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 1,00 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$\Delta T = 20,0 - 15,0 = 5,0 \text{ °C} = 5 \text{ K}$$

$$Q = 1,00 \cdot 10^3 \times 5,172 \cdot 10^2 \times 5,0 = 2,586 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 2,6 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

- b De hoeveelheid warmte om het beton te verwarmen bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c \text{ is ongeveer } 1 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 10A bij cement (beton)})$$

$$Q = 1 \cdot 10^3 \times 1,2 \cdot 10^5 \times 5,0 = 6,0 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$6,0 \cdot 10^8 \text{ J is veel meer dan } 2,6 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

- c De eenheid van  $c$  leid je af met de aangepaste formule en de eenheden van  $P$ ,  $A$  en  $\Delta t$ .

$$[P] = [c] \cdot [A] \cdot [\Delta T]$$

$$[P] = \text{W}$$

$$[A] = \text{m}^2$$

$$[\Delta T] = \text{°C} = \text{K}$$

$$\text{W} = [c] \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$[c] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} = \text{W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

- d De hoeveelheid warmte  $\Delta Q$  die in een stookseizoen door de muren naar buiten gaat, bereken je met de warmtestroom  $P$  en de tijdsduur van 250 dagen.
- De warmtestroom  $P$  bereken je met de aangepaste formule.

$$P = c \cdot A \cdot \Delta T$$

$$P = 0,80 \times 114 \times 13,0$$

$$P = 1185,6 \text{ W}$$

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 250 \text{ dagen} = 250 \times 24 \times 3600 = 2,16 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$1185,6 = \frac{\Delta Q}{2,16 \cdot 10^7}$$

$$\Delta Q = 2,56 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } \Delta Q = 2,6 \cdot 10^{10} \text{ J.}$$

- e De kostenbesparing komt overeen met de kosten als het temperatuurverschil 1,0 °C is. Zie tabel 5.3.

|                 |      |     |
|-----------------|------|-----|
| $\Delta T$ (°C) | 13   | 1,0 |
| kosten (€)      | 1100 | $x$ |

Tabel 5.3

$$x = 84,6$$

$$\text{Afgerond: € 85.}$$