

31 Arthur heeft een nieuwbouwhuis gekocht. Voor de verwarming moet hij een keuze maken tussen een warmtepomp en een hr-ketel. Het rendement van de hr-ketel stelt hij op 1,0. In tabel 5.8 staan de gegevens die hij krijgt van de leveranciers.

	hr-ketel	warmtepomp
Aanschafprijs	€ 1090	€ 7000
Energieverbruik	1200 m³ per jaar	1951 kWh per jaar
Energiekosten	€ 0,91 per m³	€ 0,23 per kWh
Rendement	1,0	

Tabel 5.8

De energiekosten per jaar zijn voor een warmtepomp kleiner dan voor een hr-ketel. De aanschaf van een warmtepomp is echter veel duurder dan die van de hr-ketel. Om te kunnen beslissen of het financieel gunstig is kijk je naar de terugverdientijd. Dat is de tijd die het duurt voordat de meerprijs van de warmtepomp is terugverdiend met de besparing tijdens het gebruik van de warmtepomp.

a Bereken na hoeveel jaar Arthur de extra kosten voor de warmtepomp heeft terugverdiend. Geef het antwoord in twee significante cijfers.

Beide systemen leveren dezelfde hoeveelheid warmte aan de centrale verwarming.

b Bereken het rendement van de warmtepomp.

De elektrische energie die de warmtepomp gebruikt wordt opgewekt in een elektriciteitscentrale. Daardoor is er een indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot bij gebruik van een warmtepomp. Het rendement van een gasgestookte elektriciteitscentrale is 40%.

Arthur vergelijkt de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot van de warmtepomp met de directe CO<sub>2</sub>-uitstoot van de hr-ketel.

c Toon aan dat de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot van de warmtepomp 54% kleiner is dan de directe CO<sub>2</sub>-uitstoot van de hr-ketel.

In werkelijkheid is de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot van de warmtepomp meer dan 54% kleiner.

d Leg uit waarom dat zo is.

Het rendement van de hr-ketel is in werkelijkheid 0,95. Dit kan de uitkomst van de vragen a tot en met c veranderen.

e Beredeneer voor elk van die vragen of bij een lager rendement van de hr-ketel de uitkomst toeneemt, afneemt of gelijk blijft.

B

Opgave 31

a Het aantal jaren bereken je met de prijs van de warmtepomp en het bedrag dat je per jaar bespaart aan stookkosten. Het bedrag dat je bespaart aan stookkosten bereken je met de energiekosten voor gas en de energiekosten voor elektrische energie per jaar. De energiekosten voor gas bereken je met de gasprijs en de verbruikte hoeveelheid gas per jaar. De energiekosten voor de warmtepomp bereken je met de gebruikte kWh aan elektrische energie en de kWh-prijs.

Prijs voor 1951 kWh is: 1951 × 0,23 = € 448,73

Prijs voor 1200 m³ gas is: 1200 × 0,91 = € 1092,00

Besparing per jaar: 1092,00 – 448,73 = € 643,27

Aantal jaren om terug te verdienen:  $\frac{5910}{643,27} = 9,18$  jaar

Afgerond 9,2 jaar.

b Het rendement van de warmtepomp bereken je met de formule voor rendement. De nuttige energie per jaar bereken je met de formule voor chemische energie. Het volume is gelijk aan het energieverbruik van de hr-ketel (per jaar).

De hr-ketel verbruikt 1200 m³ aardgas per jaar. Het rendement is 1,0.

Dus de warmtepomp levert per jaar dezelfde hoeveelheid energie.

$E_{ch} = r_V \cdot V$

Stookwaarde Gronings aardgas  $r_V = 8,9 \text{ kWh m}^{-3}$  (zie BINAS tabel 28B)

$E_{ch} = 8,9 \times 1200 = 1,068 \cdot 10^4 \text{ kWh}$

$\eta_{warmtepomp} = \frac{E_{nuttig}}{E_{in}}$

$E_{in} = 1951 \text{ kWh}$

$\eta_{warmtepomp} = \frac{1,068 \cdot 10^4}{1951} = 5,47$

Afgerond:  $\eta = 5,5$ .

c Het percentage verschil in CO<sub>2</sub>-uitstoot bereken je met het verschil in gasverbruik van de hr-ketel en het gasverbruik in de elektriciteitscentrale. Het gasverbruik in de elektriciteitscentrale bereken je met de hoeveelheid benodigde energie voor de elektriciteitscentrale en de verbrandingswarmte van gas. De hoeveelheid benodigde energie voor de elektriciteitscentrale bereken je met het rendement van de elektriciteitscentrale en de nuttig geleverde elektrische energie aan de warmtepomp.

$\eta_{centrale} = \frac{E_{nuttig}}{E_{in}}$

Het rendement van de elektriciteitscentrale is 40%.

$\eta_{centrale} = 0,40$

$E_{nuttig} = 1951 \text{ kWh}$

$0,40 = \frac{1951}{E_{in}}$

$E_{in} = 4877,5 \text{ kWh}$

$E_{ch} = r_V \cdot V$  met  $E_{ch} = 4877,5 \text{ kWh}$

Stookwaarde Gronings aardgas  $r_V = 8,9 \text{ kWh m}^{-3}$

$4877,5 = 8,9 \times V$

$V = 548 \text{ m}^3 \text{ gas}$

Verskil is gasverbruik: 1200 – 548 = 652 m³

Percentage minder uitstoot:  $\frac{652}{1200} \times 100\% = 54,3\%$

Afgerond: 54%.

d De indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot is minder doordat een gedeelte van de elektrische energie wordt verkregen uit zonne-energie en/of windenergie.

e Als het rendement van de hr-ketel lager is dan 1, dan:

a verbrandt de hr-ketel meer gas om dezelfde hoeveelheid warmte aan het water van de verwarming af te geven. De terugverdientijd is dan kleiner.

b blijft de hoeveelheid warmte die het water van de verwarming moet opnemen hetzelfde. Het rendement van de warmtepomp verandert dus niet.

c wordt er meer gas verbruikt. Dat betekent dat de teller relatief meer toeneemt dan de noemer. Dus de uitkomst van vraag c wordt groter.

Getallenvoorbeeld:  $\frac{1263 - 548}{1263} \times 100 = \frac{715}{1263} \times 100 = 57\%$