

A3. Oefenvraagstukken Energiegebruik – Warmtebalans 20250206

Vraag 1

Beschouw een goed geïsoleerde eenpersoons kantoorruimte van 15m^2 met een vertrekhoogte van 3 m. De ruimte wordt doormiddel van ventilatielucht gekoeld, met een inblaasttemperatuur van 19°C en een constant ventilatievoud van 3.

Als er gedurende langere tijd één persoon in de ruimte aanwezig is loopt de luchttemperatuur op tot circa 25°C . Deze persoon produceert zelf 80 W aan warmte en gebruikt een laptop die 70 W warmte afgeeft.

Hoeveel stijgt de temperatuur in de ruimte na verloop van tijd als er nog iemand met een laptop bij komt zitten werken?

Neem aan dat de overige omstandigheden gelijk blijven en dat het transmissieverlies door de gevel verwaarloosd mag worden.

Gegeven: $\rho_{\text{lucht}} \cdot C_{\text{lucht}} = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$

- a. circa $0,5^\circ\text{C}$
- b. circa 1°C
- c. circa 2°C
- d. circa 3°C**
- e. circa 6°C

Uitwerking:

$$\phi_{\text{totaal}} = 3 \times 45 = 135\text{m}^3$$

$$q = \phi \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T / 3600 = 135 \cdot 1200 \cdot 6 / 3600 = 270 \text{ J/sec}$$

$$q + q_{\text{extra personen}} + q_{\text{extra laptop}} = 270 + 150 = 420 \text{ J/sec} = 135 \cdot 1200 \cdot \Delta T / 3600 \rightarrow$$

$$\Delta T_{\text{tot}} = 420 \cdot 3600 / (135 \cdot 1200) = 9,33^\circ\text{C}. \Delta T \text{ was } 6^\circ\text{C}, \text{ dus } \Delta T_{\text{nieuw}} = 3,33^\circ\text{C}. \text{ antwoord d is goed}$$

of eenvoudiger:

$$q_{\text{extra personen}} + q_{\text{extra laptop}} = 150 = \phi \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T / 3600 = 135 \cdot 1200 \cdot \Delta T / 3600 \rightarrow$$

$$\Delta T = 150 \cdot 3600 / (1200 \cdot 135) = 3,3^\circ\text{C}. \text{ dus antwoord d is goed.}$$

Vraag 2

Beschouw een goed geïsoleerde eenpersoons kantoorruimte van 20 m^2 met een vertrekhoogte van 3 m en een geveloppervlak van 10 m^2 waarvan 7 m^2 bestaat uit glas.

De ruimte wordt door middel van ventilatielucht gekoeld. Het ventilatievoud is 4 en de luchttemperatuur van de ruimte wordt constant op 24°C gehouden.

Door de aanwezige personen en apparatuur wordt in totaal 200 W aan warmte afgegeven.

Ga uit van een gemiddelde situatie, waarbij geen warmteopslag in de constructies plaatsvindt. Het transmissieverlies door de gevel wordt verwaarloosd evenals overige warmtebronnen en zoninstraling.

Hoeveel graden moet de toevoerlucht zijn om de luchttemperatuur in de ruimte constant op 24°C te houden?

Gegeven: $\rho_{\text{lucht}} \cdot c_{\text{lucht}} = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$

- a. 19 °C
- b. 20 °C
- c. 20,5 °C
- d. **21,5 °C**
- e. 24 °C

Uitwerking:

$$\phi = 20 \cdot 3 \cdot (\text{v.v.} = 4) = 240 \text{ m}^3$$

$$q = \rho \cdot c \cdot \Delta T / 3600 = 240 \cdot 1200 \cdot \Delta T / 3600 = 200 \text{ J/sec} \rightarrow \Delta T = (200 \cdot 3600) / (240 \cdot 1200) = 2,5^\circ\text{C} \rightarrow$$

$$T_{\text{toevoerlucht}} = 24 - 2,5 = 21,5^\circ\text{C}. \text{ Antwoord d is goed.}$$

(geveloppervlak in dit geval niet van belang).

Vraag 3

In een vergaderzaal zitten 12 personen die een warmteafgifte hebben van 100 W, in totaal dus 1200 W. De verlichting brengt een vermogen van 500 W in de ruimte.

Het is bewolkt weer; warmtetoetreding door zoninstraling wordt daarom verwaarloosd.

Er wordt geventileerd met buitenlucht $\Phi = 600 \text{ m}^3/\text{h}$.

De buitentemperatuur is $T_e = 13^\circ\text{C}$. Ga uit van een stationaire situatie.

Verdere gegevens: $\rho_{\text{lucht}} = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$; $c_{\text{lucht}} = 1000 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$

Welke uitspraak is waar?

- a. Zonder verwarming is het veel te koud in het vertrek ($T_i = 13,8^\circ\text{C}$)
- b. Zonder verwarming blijft het te koud in het vertrek ($T_i = 16^\circ\text{C}$)
- c. Zonder verwarming gaat het net niet ($T_i = 19^\circ\text{C}$)
- d. **Zonder verwarming wordt het zelfs behaaglijk ($T_i = 21\text{-}22^\circ\text{C}$)**
- e. Het wordt warm in het vertrek ($T_i > 23^\circ\text{C}$)

Uitwerking:

Voor de warmtebalans gaat het om de toegevoerde en de afgevoerde warmte.

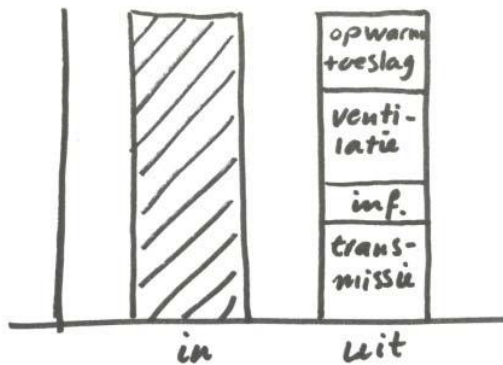
$$q_{\text{in}} = q_{\text{uit}} \gg q_{\text{personen}} + q_{\text{verlichting}} = \phi \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T / 3600 \text{ dus } \Delta T = q_{\text{in}} \cdot 3600 / \phi \cdot \rho \cdot c \text{ } [^\circ\text{C}]$$

De ventilatiehoeveelheid is gegeven in m^3/h . De warmte afvoer moet echter ook in Watt worden berekend (joule per seconde) vandaar de 3600 in de berekening.

$$\Delta T = (1200 + 500) \cdot 3600 / 600 \cdot 1,2 \cdot 1000 = 8,5 \text{ }^{\circ}\text{C}; \text{ dus } T_i = T_e + \Delta T = 13 + 8,5 = 21,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Vraag 4

Onderstaande figuur geeft schematisch de energiebalans voor de maatgevende situatie in de winter weer.



Het gearceerde blok stelt het volgende voor:

- Het benodigde vermogen in kWh
- Het benodigde vermogen in kW
- Het energiegebruik in kWh
- Het energiegebruik in kW

Uitwerking:

Vermogen is energie per tijdseenheid, dus joule/s = watt

Een energiehoeveelheid is vermogen maal tijd, dus bijvoorbeeld kWh = joule

Vraag 5

Een kantoorruimte met een vloeroppervlakte van 25 m² wordt in het stookseizoen verwarmd door middel van radiatoren.

Het specifieke warmteverlies door transmissie en ventilatie is 40 W/K. Hiermee kan het benodigde verwarmingsvermogen bij een bepaald temperatuurverschil tussen binnen en buiten worden uitgerekend.

De ontwerptemperatuur van de buitenlucht is -7 °C.

De gewenste temperatuur in de ruimte is 21 °C overdag en 12°C 's nachts en in het weekend.

De aanwezige radiatoren hebben een capaciteit van 1120 W.

Welke stelling is juist?

- De capaciteit van radiatoren is te klein
- De radiatoren zijn precies goed gedimensioneerd

- c. De capaciteit van de radiatoren is te groot

Uitwerking:

Bij het gegeven temperatuurverschil is het warmteverlies uit het vertrek in de dagsituatie (stationair beschouwd) $Q = 40 \cdot (21 - -7) = 1120 \text{ W}$.

Dat lijkt dus precies goed, maar alleen als er altijd sprake zou zijn van een stationaire situatie. En dat is niet het geval. Om het vertrek ook op te kunnen warmen na de nachtverlaging moet er een toeslag op het transmissieverlies worden gegeven, afhankelijk van de thermische massa van het vertrek.