

1. Norsk: En bygning har dimensjoner 5,0 m X 10,0 m X 3,0 m høy. Volumet er  $V = 150 \text{ m}^3$ . Totalt areal på vegger og tak er  $A_{\text{vegg}} = 140 \text{ m}^2$ . Innetemperaturen er  $T_{\text{inn}} = 25^\circ\text{C}$  og utetemperaturen er  $T_{\text{out}} = 10^\circ\text{C}$  (vi ignorerer varmetapet gjennom vinduer foreløpig)  
Luftens tetthet er:  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$   
Varmekapasiteten ved konstant lufttrykk er:  $c_p = 1000 \text{ J / (kg } ^\circ\text{C)}$

Veggene og taket er 3 lag med materiale:

- 1: treverk med  $d_w = 2,0 \text{ cm}$  med varmeledningsevne  $k_w = 0,08 \text{ (J/sm}^\circ\text{C)}$
- 2: Isolasjon med  $d_i = 20,0 \text{ cm}$  med termisk ledningsevne  $k_i = 0,03 \text{ (J/sm}^\circ\text{C)}$
- 3: treverk med  $d_w = 2,0 \text{ cm}$  med varmeledningsevne  $k_w = 0,08 \text{ (J/sm}^\circ\text{C)}$

a) Beregn R-verdien for vegger og tak.

b) Beregn varmetapet per tid på grunn av ledning gjennom vegger og tak.

Fasit: 293 W

c) Hvis luften i bygningen skiftes ut hver 2. time, hvor stor er varmetapet per tid på grunn av konveksjon?

Fasit: 403 W

d) Hva er den totale varmetilførselen som trengs for å holde inne temperatur på  $t_{\text{inn}} = 25^\circ\text{C}$

English: A building has dimensions 5.0 m X 10.0 m X 3.0 m high. The volume is  $V = 150 \text{ m}^3$ . The total area of the walls and ceiling is  $A_{\text{vegg}} = 140 \text{ m}^2$ . The inside temperature is  $T_{\text{in}} = 25^\circ\text{C}$  and the outside temperature is  $T_{\text{out}} = 10^\circ\text{C}$  (we ignore the heat loss through windows for now)  
The density of air is:  $\rho = 1.29 \text{ kg/ m}^3$   
The heat capacity at constant pressure of air is:  $c_p = 1000 \text{ J / (kg } ^\circ\text{C)}$

The walls and ceiling are 3 layers of material:

- 1: wood  $d_w = 2.0 \text{ cm}$  with thermal conductivity  $k_w = 0.08 \text{ (J/sm}^\circ\text{C)}$
- 2: Insulation  $d_i = 20.0 \text{ cm}$  with thermal conductivity  $k_i = 0.03 \text{ (J/sm}^\circ\text{C)}$
- 3: wood  $d_w = 2.0 \text{ cm}$  with thermal conductivity  $k_w = 0.08 \text{ (J/sm}^\circ\text{C)}$

a) Calculate the R-value for the walls and ceiling.

b) Calculate the rate of heat loss due to conduction through the walls and ceiling.

Fasit: 293 W

c) If the air in the building is replaced every 2 hours, what is the rate of heat loss due to convection?

Fasit: 403 W

d) What is the total heat input needed to maintain the inside temperature of  $T_{\text{in}} = 25^\circ\text{C}$

2. Norsk: En bygning varmes opp med varmtvann som sirkulerer i radiatorer for å levere varme til rommene. Radiatorene har et samlet areal på  $A_r = 10,0 \text{ m}^2$  og strålingsemissivitet  $e = 0,95$ . Vannet i radiatorene varmes opp av en oljefyr som varmer opp vannet til  $T_B = 80^\circ\text{C}$ . Temperaturen i bygget holdes på  $T_{\text{inn}} = 20^\circ\text{C}$ .

a) Hva er varmehastigheten som kan leveres til bygget gjennom radiatorene som varmes opp av oljefyr ( $T_B = 80,0^\circ\text{C}$ )?

Fasit: 4394 W

b) Oljefyren i bygget erstattes med en varmepumpe som varmer opp vannet i radiatorene til  $T_{\text{hp}} = 60^\circ\text{C}$ . Hva er varmen som kan leveres til huset med varmepumpen som bruker samme radiatorsystem?

English: A building is heated with hot water circulating in radiators to supply heat to the rooms. The radiators have a total area of  $A_r = 10.0 \text{ m}^2$  and radiation emissivity  $e = 0.95$ . The water in the radiators is heated by a boiler which heats the water to  $T_B = 80^\circ\text{C}$ . The temperature in the building is kept at  $T_{\text{in}} = 20^\circ\text{C}$ .

a) What is the rate of heat that can be delivered to the building through the radiators heated by the boiler ( $T_B = 80.0^\circ\text{C}$ )?

Fasit: 4394 W

b) The boiler in the building is replaced with a heat pump which heats the water in the radiators to  $T_{\text{hp}} = 60^\circ\text{C}$ . What is the rate of heat delivered to the house with the heat pump using the same radiator system?