5.4–28 I ett rum är lufttemperaturen $t_v = 20^oC$ och den relativa fuktigheten $\varphi = 0.6$.Bestäm det minsta k-värde som rummets ytterväggar måste ha för att undvika kondensation på dem när ute- temperaturen är $t_k = -15^oC$. På väggens insida är $\alpha_v = 8.14$ W/(m$^2 \cdot$ K).

Lösning

Låt t_1 vara temperaturen i innerväggens ytskikt och t_2 temperaturen i ytskiktet mot den kalla sidan, då är värmeffekten per ytenhet genom väggen

$$\frac{P}{A} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2) \qquad (1)$$

där λ är värmekonduktiviteten W/m och δ är väggtjockleken. Detta är samma värmeflödet som går från rumsluften till ytterskiktet av väggens insida i enlighet med kontinuitetsekvationen. Således gäller också

$$\frac{P}{A} = \alpha_v \cdot (t_v - t_1) \qquad (2)$$

På grund av kontinuitetsekvationen går även samma värmeeffekt från ytskiktet av väggen på den kalla sidan till det kalla mediet(uteluften)

$$\frac{P}{A} = \alpha_k \cdot (t_2 - t_k) \qquad (3)$$

Värmegenomgngskoefficienten k definieras som den totala proportionalitetskonstanten mellan den överförda värmeeffekten per ytenheten och inner- och ytter-temperaturen

$$\frac{P}{A} = k \cdot (t_v - t_k) \qquad (4)$$

och fås genom att addera ekvationerna 1,2 och 3

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_v} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k}$$

Således kan vi identfiera effektflödet per ytenhet i problemet genom (2) om vi känner t_1

$$\frac{P}{A} = 8.14(20 - t_1)$$

Följande likhet måste således gälla p.g.a att effektflödet är detsamma

$$k \cdot (20 - (-15)) = 8.14(20 - t_1) \qquad (5)$$

Kravet på k är att väggens temeperatur i ytskiktet hos innersidan av väggen inte blir så lågt att vatten fälls ut. För att ta reda på minsta tillåtna t_1 så gör vi detta enklast med Mollier-diagrammet, vi börjar dock med att beräkna detta numeriskt.

Vi behöver först ha vattenmängden i luften x, som vi antar vara konstant,vilket görs med hjälp av uttrycket för luftens ångkvot nedan. Luftens realtiva fuktighet $\varphi = 0.6$

$$x = \frac{m_{\mathrm{H_2O}}}{m_L} = \frac{R_L \cdot \varphi \cdot p''_{H_2O}(t_1)}{R_{\mathrm{H_2O}} \cdot (p - \varphi \cdot p''_{H_2O}(t_1))} \qquad (6)$$

Ångkvoten används på nytt med $\varphi = 1$ och $p''_{H_2O}(t_1)$ löses ut. Därefter gå man in ångtabellen för att identifiera vilken koktemperatur detta motsvarar. Kokpunkten blir daggpunkten t_1 i sammanhanget. [1]

Sammanfatnning beräkningsgång:

1. Finn x, mängden H_2O i rumsluften per kg torrluft där $\varphi = 0.6$.
2. Insättning av x i ekvationen för luftens ångkvot med $\varphi = 1$ identifierar $p''_{H_2O}(t_1)$
3. Identfiering av den temperatur t_1 ur ångtabell som är koktemperaturen för $p''_{H_2O}(t_1)$
4. Temperatur t_1 sätts in i (5) varvid k kan lösas ut vilket var det eftersökta i problemställningen.

$$x = 0.621 \frac{\varphi \cdot p''_{H_2O}(t_v)}{p - \varphi \cdot \$p''_{H_2O}(t_v)}$$
$$x = 0.621 \frac{0.6 \cdot\ 0.023368}{1.013 - 0.6 \cdot\ 0.023368}$$
$$x = 0.00873 \text{ kg } \mathrm{H_2O} \text{ per kg torrluft}$$

Luftens vattenmängd x per kg torrluft är konstant sätts in i uttrycket i (5) och lös ut $p''_{H_2O}(t_1)$ för $\varphi = 1.0$

$$x = 0.621 \frac{\varphi \cdot p''_{H_2O}(t_1)}{p - \varphi \cdot p''_{H_2O}(t_1)}$$
$$0.00873 = 0.621 \frac{1.0 \cdot p''_{H_2O}(t_1)}{p - 1.0 \cdot p''_{H_2O}(t_1)}$$
$$p''_{H_2O}(t_1) = 0,014043304 \text{ bar}$$

Ångtabellen ger att detta tryck krävs för kokpunkten ca 12°C vilket betyder att detta är temperaturen för vilket utfällning av vatten sker på inneväggen. Vi kan nu sätta in $t_1 = 12^oC$ i ekvationen och lösa ut minsta tillåtna värde på k

$$k = \frac{\alpha_v \cdot (t_v - t_1)}{t_v - t_k}$$
$$k = \frac{8.14 \cdot (20.0 - 12.0)}{20.0 - (-15)}$$
$$k = 1.86 \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

[1] Fråga läraren varför kokpunkten vid trycket $p''_{H_2O}(t_1)$ motsvarar daggpunkten vid atmosfärstryck.