GEF1100 - Løsningsforslag til oppgaver fra kapittel 2

i.h.h.karset@geo.uio.no

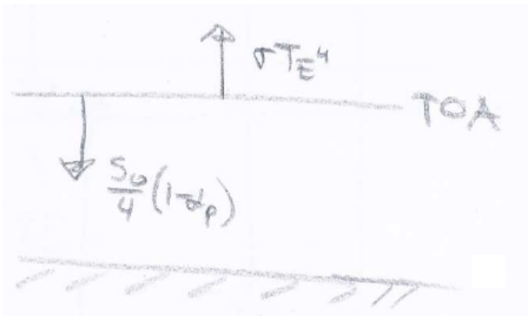
Oppgave 2.5.1

Oppgave:

a) Først skal vi finne emisjonstemperaturen til jorda, T_E dersom albedoen, α_p, reduseres til 10 %.

b) Deretter skal vi finne T_E dersom absorptiviteten til atmosfæren, ε, dobles.

Løsning:



Figur 1: Energibalanse ved toppen av atmosfæren.

a) Emisjonstemperaturen er gitt ut ifra energibalansen ved toppen av atmosfæren (se Figur 1). Vi får at

$$\sigma T_E^4 = \frac{S_0}{4}(1-\alpha_p),$$

hvor S_0 er solarkonstanten: $S_0 = 1367$ Wm^{-2}, og σ er Stefan Bolzmanns konstant: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Wm^{-2}K^{-4}. Løser vi likingen med hensyn på T_E og setter inn verdiene våre, får vi:

$$\begin{aligned} T_E &= \sqrt[4]{\frac{S_0(1-\alpha_p)}{4\sigma}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{1367 \cdot (1-0,10)}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}} \\ &= 271 \text{ K } (= -2\ ^\circ\text{C}). \end{aligned}$$

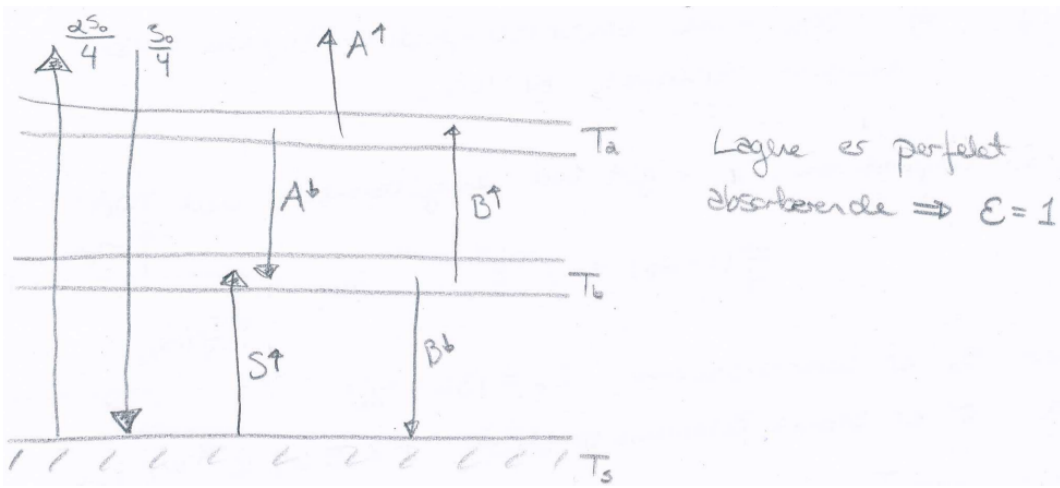
Kommentar:
Albedoen er egentlig lik 0,3. Da er T_E lik 255 K (= -18 °C). Vi ser at jordens emisjonstemperatur ville ha økt dersom albedoen ble redusert. Dette skjer fordi mindre stråling fra sola vil reflekteres av jorda og gå ut igjen ved TOA. Dette gir mer energi til jordsystemet, og følgelig høyere temperatur.

b) Av uttrykket til T_E i oppgave a) ser vi at T_E ikke påvirkes av atmosfærens absorptivitet. Bakketemperaturen og fordelingen av T med høyden ville nok ha endret seg, men T_E er kun avhengig av S_0, σ og α_p.

Oppgave 2.5.4

Oppgave:

Vi skal ta for oss Figur 2 (Figur 2.9 i boka) og berege T_a, T_b og T_s som funksjoner av T_E.



Figur 2: Tilsvarende Figure 2.9 i boka

Løsning:

Siden temperaturene i lagene og ved bakken ikke endres, har vi følgende energibalanser:

1. Balanse ved TOA:

$$\begin{aligned} \text{inn} &= \text{ut} \\ \frac{S_0}{4} &= \frac{\alpha S_0}{4} + A^{\uparrow} \\ \frac{S_0}{4}(1-\alpha) &= A^{\uparrow} \end{aligned}$$

2. Balanse ved bakken:

$$
\begin{aligned}
\text{inn} &= \text{ut} \\
\frac{S_0}{4} + B^{\downarrow} &= S^{\uparrow} + \frac{\alpha S_0}{4} \\
\frac{S_0}{4}(1-\alpha) + B^{\downarrow} &= S^{\uparrow}
\end{aligned}
$$

3. Balanse ved lag B:

$$
\begin{aligned}
\text{inn} &= \text{ut} \\
S^{\uparrow} + A^{\downarrow} &= B^{\uparrow} + B^{\downarrow}
\end{aligned}
$$

4. Balanse ved lag A:

$$
\begin{aligned}
\text{inn} &= \text{ut} \\
B^{\uparrow} &= A^{\uparrow} + A^{\downarrow}
\end{aligned}
$$

- T_E er gitt ved dette uttrykket:

$$
\sigma T_E^4 = \frac{S_0}{4}(1-\alpha)
$$

- Fra energibalansen ved TOA og uttrykket for T_E finner vi T_a:

$$
\begin{aligned}
\frac{S_0}{4}(1-\alpha) &= A^{\uparrow} \\
\sigma T_E^4 &= \sigma T_a^4 \\
T_a &= T_E
\end{aligned}
$$

- Fra energibalansen ved lag A og det vi fant i forrige punkt finner vi T_b:

$$
\begin{aligned}
B^{\uparrow} &= A^{\uparrow} + A^{\downarrow} \\
\sigma T_b^4 &= 2\sigma T_a^4 \\
T_b &= \sqrt[4]{2} T_a \\
&= \sqrt[4]{2} T_E \\
&= 1,19 T_E
\end{aligned}
$$

- Fra energibalansen ved lag B, kombinert med det vi fant i de forrige punktene, finner vi T_s:

$$
\begin{aligned}
S^{\uparrow} + A^{\downarrow} &= B^{\uparrow} + B^{\downarrow} \\
\sigma T_s^4 + \sigma T_a^4 &= 2\sigma T_b^4 \\
T_s^4 &= 2(\sqrt[4]{2}T_E)^4 - T_E^4 \\
&= 2 \cdot 2T_E^4 - T_E^4 \\
&= 3T_E^4 \\
T_s &= \sqrt[4]{3}T_E \\
&= 1,32T_E
\end{aligned}
$$