

Tehtävä 1. Aurinko.

- (a) Aurinko on varsin rauhallinen pääsarjan tähti. Laske Auringosta Maahan tuleva säteilyteho. Säteilyteho tarkoittaa sitä kuinka paljon energiaa neliometriä kohti Auringosta saapuu Maahan.
- (b) Kuinka suurella teholla Auringon säteilyä voi maksimissaan tulla maan pinnalla sijaitsevan ikkunan pinnalle, jos ikkunan mitat ovat $1,30\text{m} \times 1,40\text{m}$?
 Miksi vain murto-osa tästä energiasta voidaan saada talteen maanpinnalla ja käyttää hyödyksi sähkönä tai lämpönä? *Vihje: Aurinko on hyvä musta kappale, jolloin Auringon säteilytehon sen pinnalla saa laskettua Stefanin-Boltzmannin lailla.*

Ratkaisu:

- (a) $T_A = 5778\text{ K}$ Auringon pintalämpötila
 $\sigma = 5,67051 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}$ Stefanin-Boltzmannin vakio
 $r_A = 0,6960\text{ Gm}$ Auringon säde
 $R = 149,59787\text{ Gm}$ Maan keskietäisyys Auringosta
 A_M on $R + r_A$ -säteisen pallon pinta-ala
 A_A Auringon pinnan ala

Auringon säteilytehon I sen pinnalla antaa Stefanin-Boltzmannin laki:

$$I_A = \sigma T_A^4 \approx 63,20 \frac{\text{MW}}{\text{m}^2}$$

Auringon säteily syntyy Auringon ytimessä ja leviää sieltä pallosymmetrisesti, eli $\frac{1}{r^2}$ riippuvaisesti, jolloin säteilyteho Maan pinnalla, I_M , saadaan yhtälöstä

$$\begin{aligned} \frac{I_M}{I_A} &= \frac{A_A}{A_M} = \frac{r_A^2}{(r_A + R)^2} \\ \Rightarrow I_M &= I_A \cdot \frac{r_A^2}{(r_A + R)^2} = \sigma T_A^4 \frac{r_A^2}{(r_A + R)^2} = 1355,40228965 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \\ &\approx 1355 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

- (b) $A_I = 1,30\text{ m} \cdot 1,40\text{ m} = 1,82\text{ m}^2$ ikkunan pinta-ala
 Säteilyteho on sama kuin säteilyintensiteetti, joten ikkunaan tulee Auringon energiaa maksimissaan teholla

$$\begin{aligned} I_M &= \frac{P_I}{A_I} \\ \Rightarrow P_I &= I_M A_I = 2466,83216716\text{ W} \\ &\approx 2467\text{ W} \end{aligned}$$

Vain murto-osa tästä energiasta voidaan saada talteen ja käyttää hyödyksi, koska

- Stefanin-Boltzmannin laki kertoo kaikkien sähkömagneettisten säteilyn lajien yhteenlasketun säteilytehon, mutta esimerkiksi gammasäteilyä ei voida hyödyntää merkittävästi sähkö- ja lämmöntuotannossa. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma, sillä:
- kaikki säteily ei pääse maanpinnalle, ilmakehä suodattaa tehokkaasti mm. gammasäteilyä, röntgensäteilyä, suurimman osan infrapunasäteilyä ja osan UV-säteilyä
- Auringon säteily piikkittyy voimakkaasti näkyvän valon aallonpituusalueelle (hieman yli puolet Auringon sähkömagneettisesta säteilystä on näkyvää valoa), josta suurin osa pääsee maanpinnalle, mutta esimerkiksi aurinkopaneelien hyötysuhde on parhaimmillaan noin 10 % : n luokkaa
- talteen saadusta energiasta pieni osa menee hukkaan siirtohäviöinä