

Problém mladého Slnka

Július Koza

Astronomický ústav SAV

Tatranská Lomnica



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA

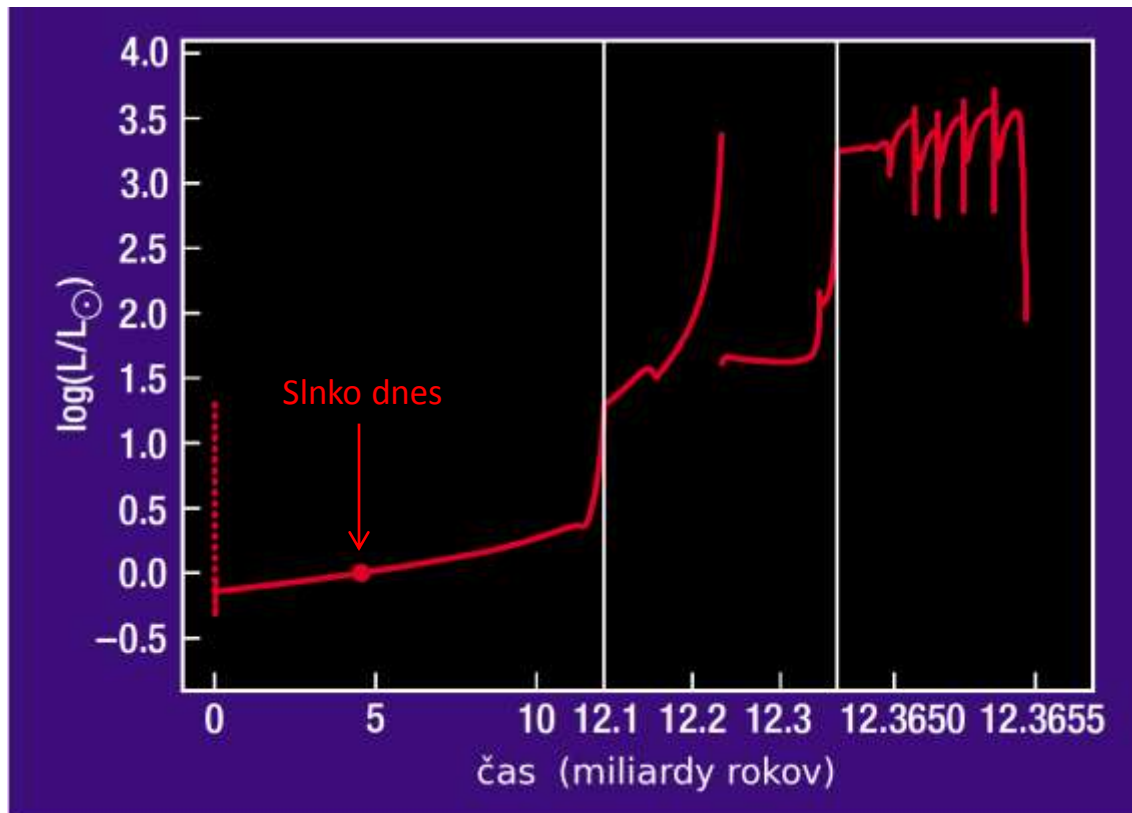


EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC



FOND MIKROPROJEKTŮ

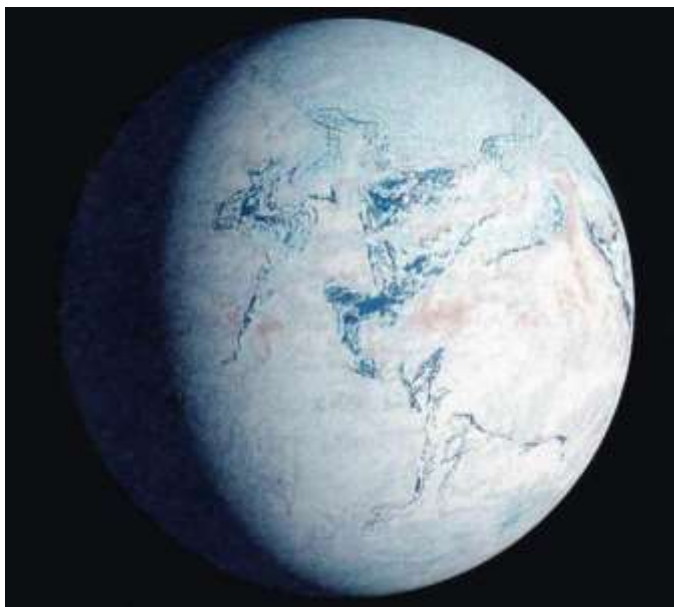
Svietivosť Slnka v čase



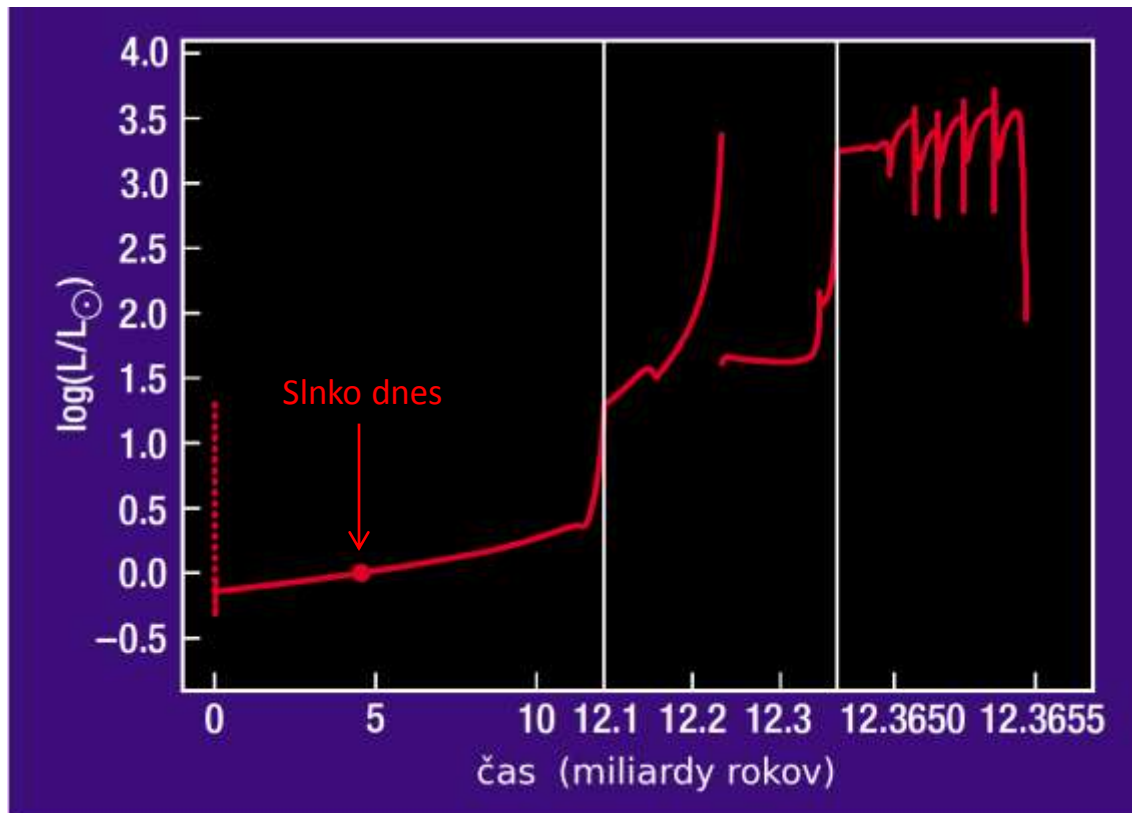
Čo je to problém (paradox) mladého Slnka

- 1972, Carl Sagan, George Mullen, (Science, Vol. 177, p.52)
- pred 4,57 miliardami rokov malo mladé Slnko 70% súčasnej svietivosti

Svietivosť Slnka v čase



Zem ako snehová guľa



Čo je to problém (paradox) mladého Slnka

- 1972, Carl Sagan, George Mullen, (Science, Vol. 177, p.52)
- pred 4,5 miliardami rokov malo mladé Slnko 70% súčasnej svietivosti
- drastická redukcia slnečného žiarenia a teploty na Zemi
- Zem by mala byť zaľadnená
- **paradox:** existujú geologické dôkazy o prítomnosti tekutej vody v rovnakom období

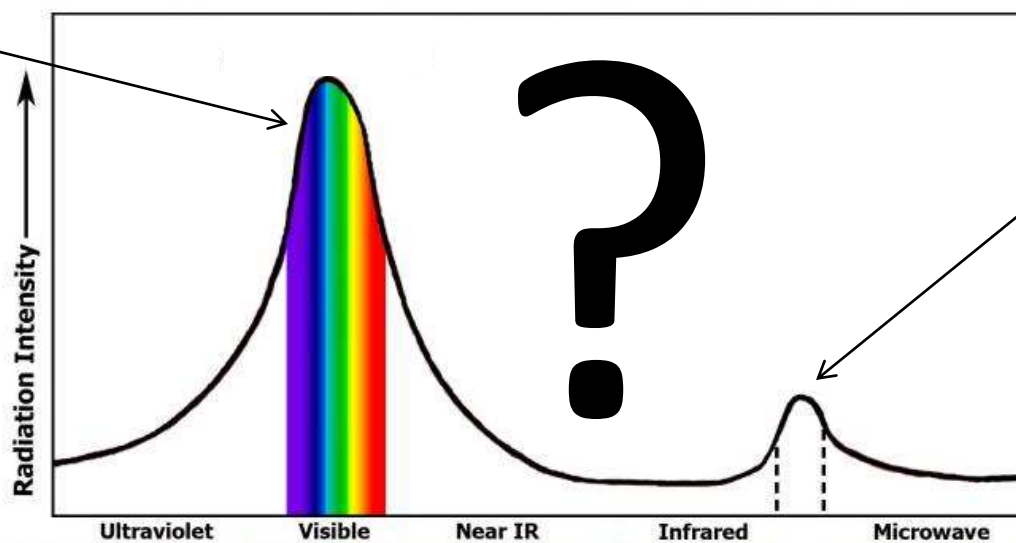
Skleníková hypotéza

- atmosféra mladej Zeme obsahovala viac skleníkových plynov (oxid uhličitý, metán), ako atmosféra súčasnej Zeme
- skleníkové plyny vytvárali klímu s teplotou nad bodom mrazu
- skleníková hypotéza je len jedna z viacerých hypotéz navrhnutých ako riešenie problému mladého Slnka





Reflexné spektrum
Slnka



Vlastné tepelné
žiarenie Zeme

Vlastné tepelné žiarenie Zeme

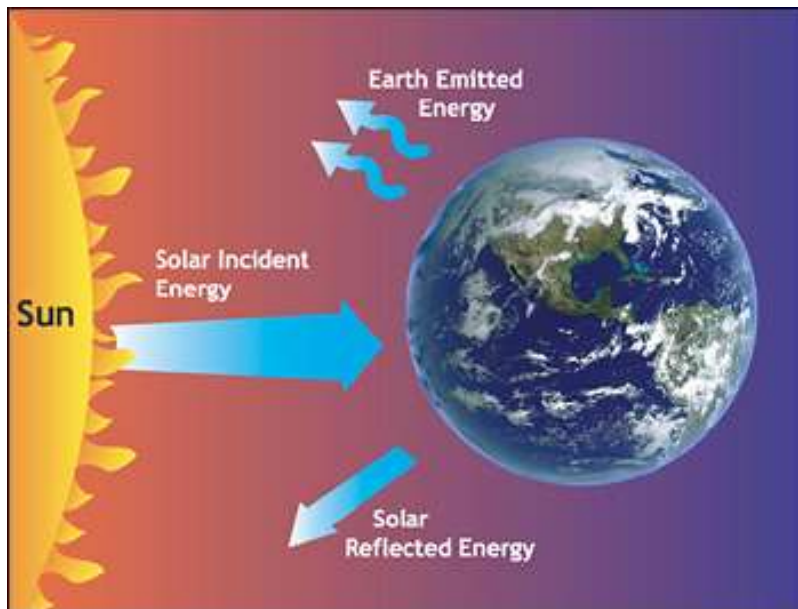
Zákon zachovania energie:

pohltené (absorbované) slnečné žiarenie = vyžiarené (emitované) žiarenie Zeme

slnečná konštanta \times miera pohlteného žiarenia \times **osvetlený povrch** Zeme = povrch Zeme $\times \sigma \times$ (radiačná teplota Zeme)⁴

$$S(1 - \alpha)\pi r^2 = 4\pi r^2 \sigma T_Z^4$$

- | | | |
|--------------|--|---|
| S | - slnečná konštanta | 1361 Wm ⁻² |
| α | - priemerné albedo (miera „belosti“) Zeme | 0,3 |
| σ | - Stefanova-Boltzmannova konštanta | 5,67.10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴ |
| σT^4 | - Stefanov-Boltzmannov zákon, T radiačná teplota Zeme bez atmosféry | |



$$T_Z = ?$$

Vlastné tepelné žiarenie Zeme

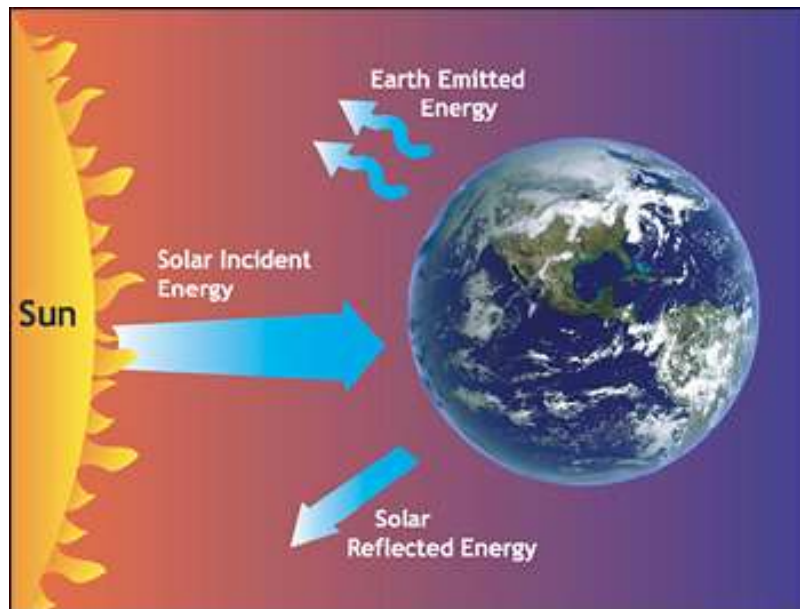
Zákon zachovania energie:

pohltené (absorbované) slnečné žiarenie = vyžiarené (emitované) žiarenie Zeme

slnečná konštanta \times miera pohlteného žiarenia \times **osvetlený povrch** Zeme = povrch Zeme $\times \sigma \times$ (radiačná teplota Zeme)⁴

$$S(1 - \alpha)\pi r^2 = 4\pi r^2 \sigma T_Z^4$$

- | | | |
|--------------|--|---|
| S | - slnečná konštanta | 1361 Wm ⁻² |
| α | - priemerné albedo (miera „belosti“) Zeme | 0,3 |
| σ | - Stefanova-Boltzmannova konštanta | 5,67.10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴ |
| σT^4 | - Stefanov-Boltzmannov zákon, T radiačná teplota Zeme bez atmosféry | |



$$T_Z = \sqrt[4]{\frac{S(1 - \alpha)}{4\sigma}} = ? K$$

Vlastné tepelné žiarenie Zeme

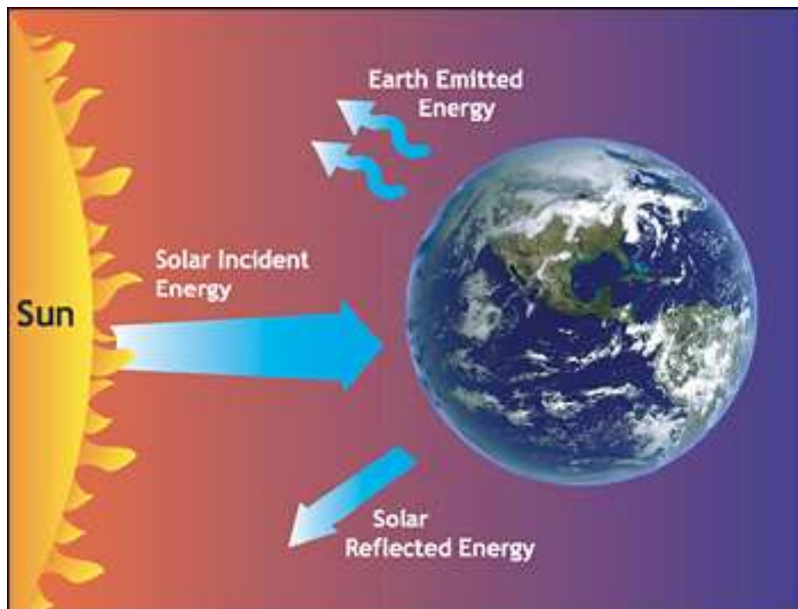
Zákon zachovania energie:

pohltené (absorbované) slnečné žiarenie = vyžiarené (emitované) žiarenie Zeme

slnečná konštanta \times miera pohlteného žiarenia \times **osvetlený povrch** Zeme = povrch Zeme $\times \sigma \times$ (radiačná teplota Zeme)⁴

$$S(1 - \alpha)\pi r^2 = 4\pi r^2 \sigma T_Z^4$$

- | | | |
|--------------|--|---|
| S | - slnečná konštanta | 1361 Wm ⁻² |
| α | - priemerné albedo (miera „belosti“) Zeme | 0,3 |
| σ | - Stefanova-Boltzmannova konštanta | 5,67.10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴ |
| σT^4 | - Stefanov-Boltzmannov zákon, T radiačná teplota Zeme bez atmosféry | |



$$T_Z = \sqrt[4]{\frac{S(1 - \alpha)}{4\sigma}} = 255 K = ?^{\circ} C$$

Vlastné tepelné žiarenie Zeme

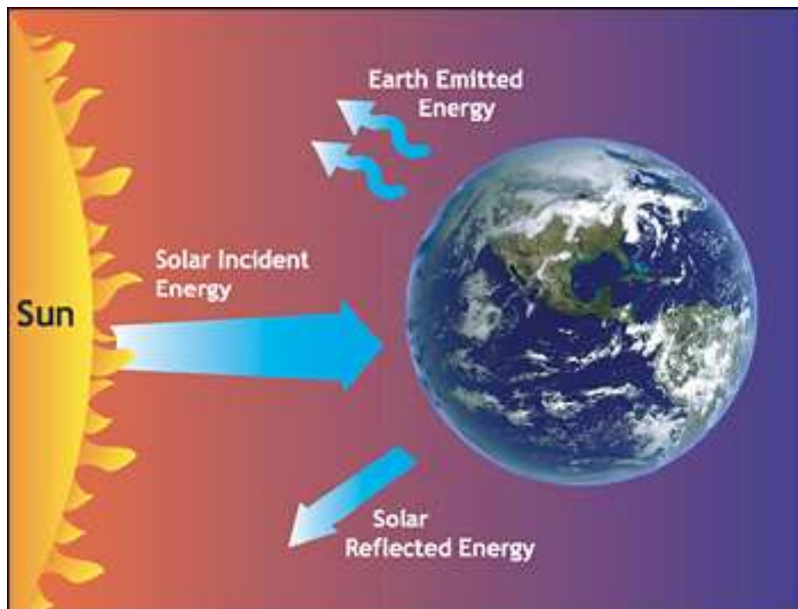
Zákon zachovania energie:

pohltené (absorbované) slnečné žiarenie = vyžiarené (emitované) žiarenie Zeme

slnečná konštanta \times miera pohlteného žiarenia \times **osvetlený povrch** Zeme = povrch Zeme $\times \sigma \times$ (radiačná teplota Zeme)⁴

$$S(1 - \alpha)\pi r^2 = 4\pi r^2 \sigma T_Z^4$$

- | | | |
|--------------|--|---|
| S | - slnečná konštanta | 1361 Wm ⁻² |
| α | - priemerné albedo (miera „belosti“) Zeme | 0,3 |
| σ | - Stefanova-Boltzmannova konštanta | 5,67.10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴ |
| σT^4 | - Stefanov-Boltzmannov zákon, T radiačná teplota Zeme bez atmosféry | |



$$T_Z = \sqrt[4]{\frac{S(1 - \alpha)}{4\sigma}} = 255\text{ K} = -18^\circ\text{ C}$$

Ale skutočná priemerná teplota
povrchu Zeme je **+15 °C**

Vďaka čomu?

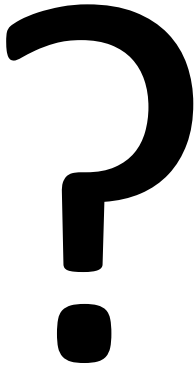
Prečo je v skleníku teplo?

Ako funguje skleník?



- steny bránia úniku ohriateho vzduchu (blokujú konvekciu)
- steny spätne vyžarujú pohltené tepelné žiarenie. (menej významný efekt, dokazuje to ochladenie v skleníku po otvorení malého vetráku)
- regulácia teploty v skleníku vetracím oknom

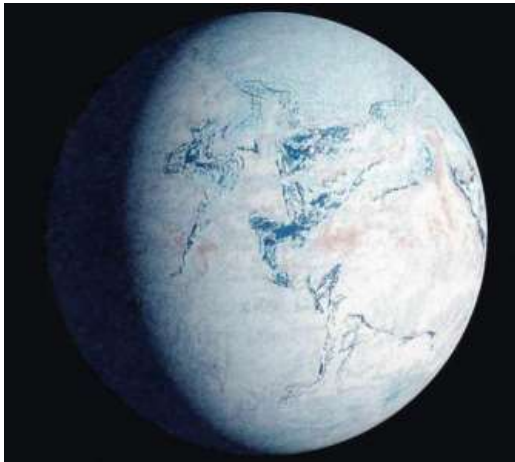
**Aká bola teplota povrchu Zeme pred 4,5 miliardami rokov, keď
svietivosť Slnka, a teda aj slnečná konštanta, boli o 30 %
menšie ako ich súčasná hodnota za predpokladu, že skleníkový
efekt atmosféry (+33 °C) bol rovnaký ako v súčasnosti?**



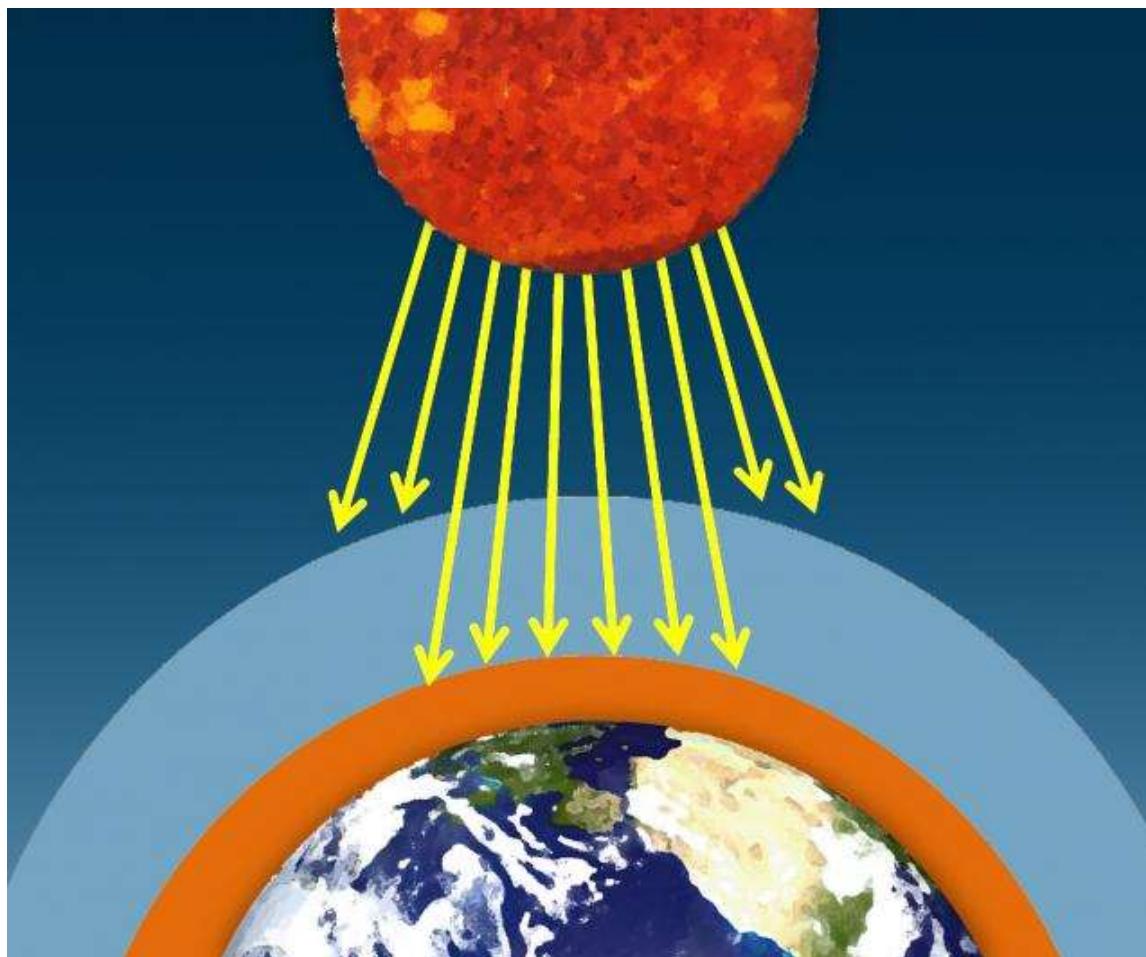
Aká bola teplota povrchu Zeme pred 4,57 miliardami rokov,
keď svietivosť Slnka, a teda aj slnečná konštanta, boli o 30 %
menšie ako ich súčasná hodnota za predpokladu, že skleníkový
efekt atmosféry (+33 °C) bol rovnaký ako v súčasnosti?

$$T_z = \sqrt[4]{\frac{0,7S(1-\alpha)}{4\sigma}} = \sqrt[4]{0,7} 255K = 233K = -40^\circ C$$

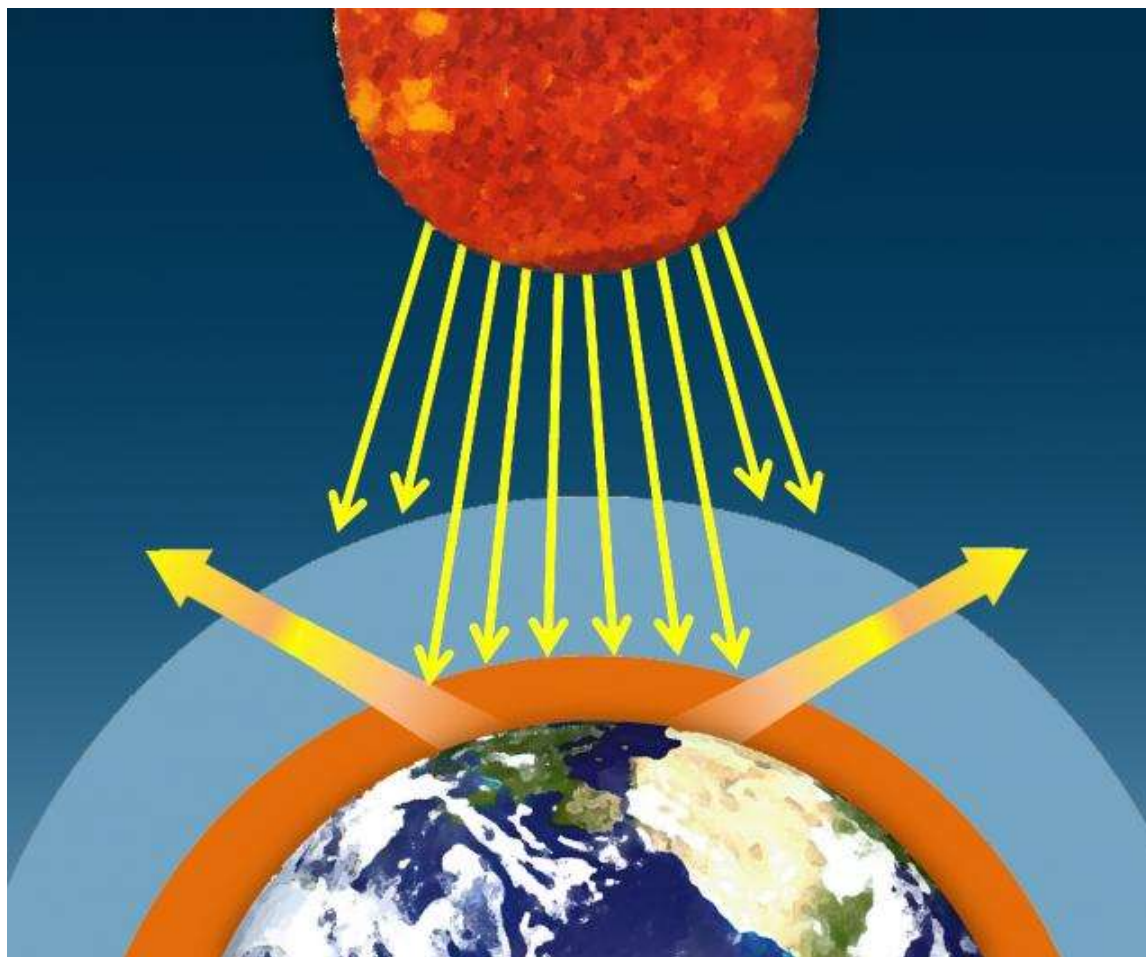
Teplota povrchu Zeme by bola **-7 °C**



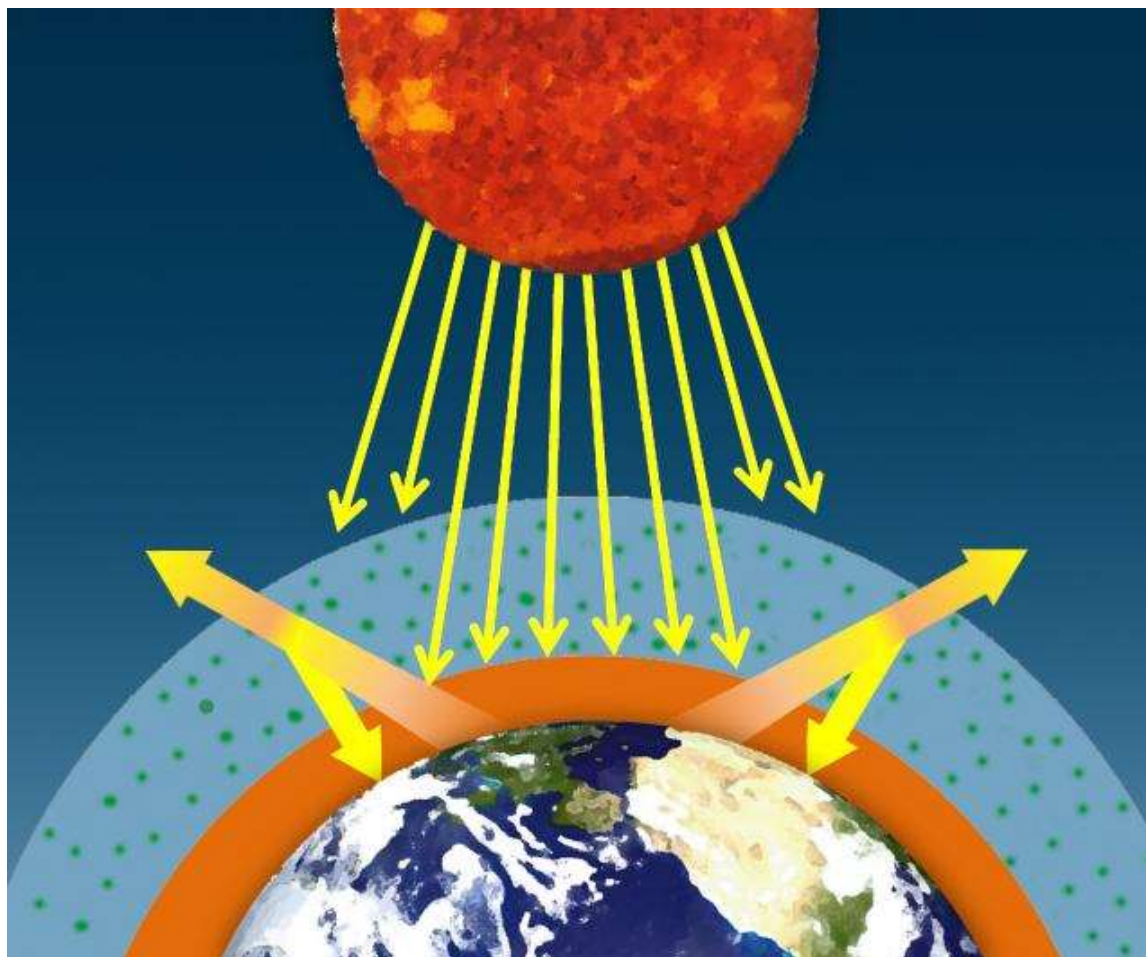
Skleníkový efekt na scéně



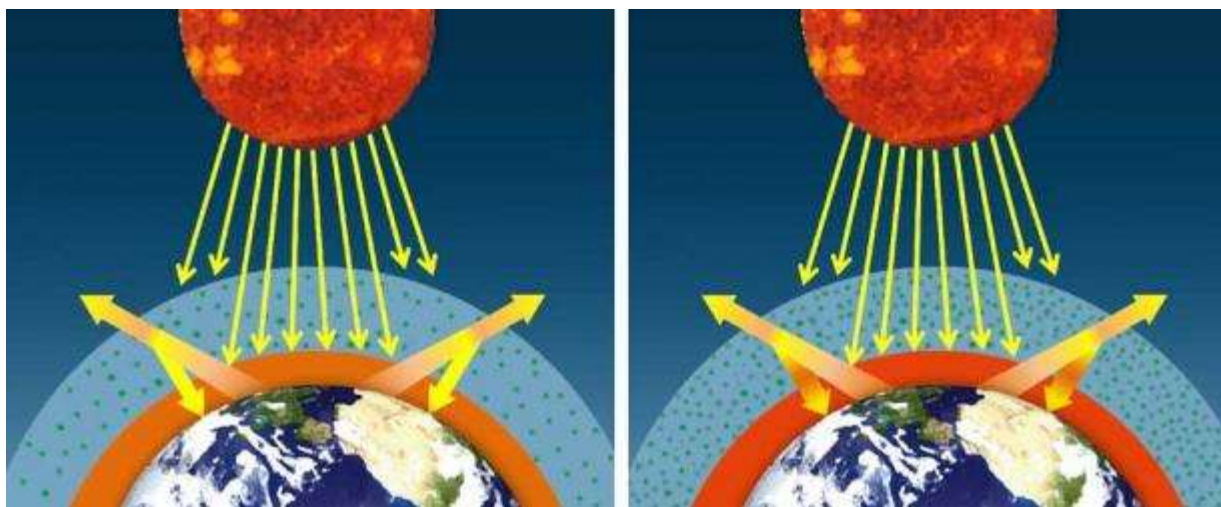
Skleníkový efekt na scéně



Skleníkový efekt na scéně



Skleníkový efekt na scénu



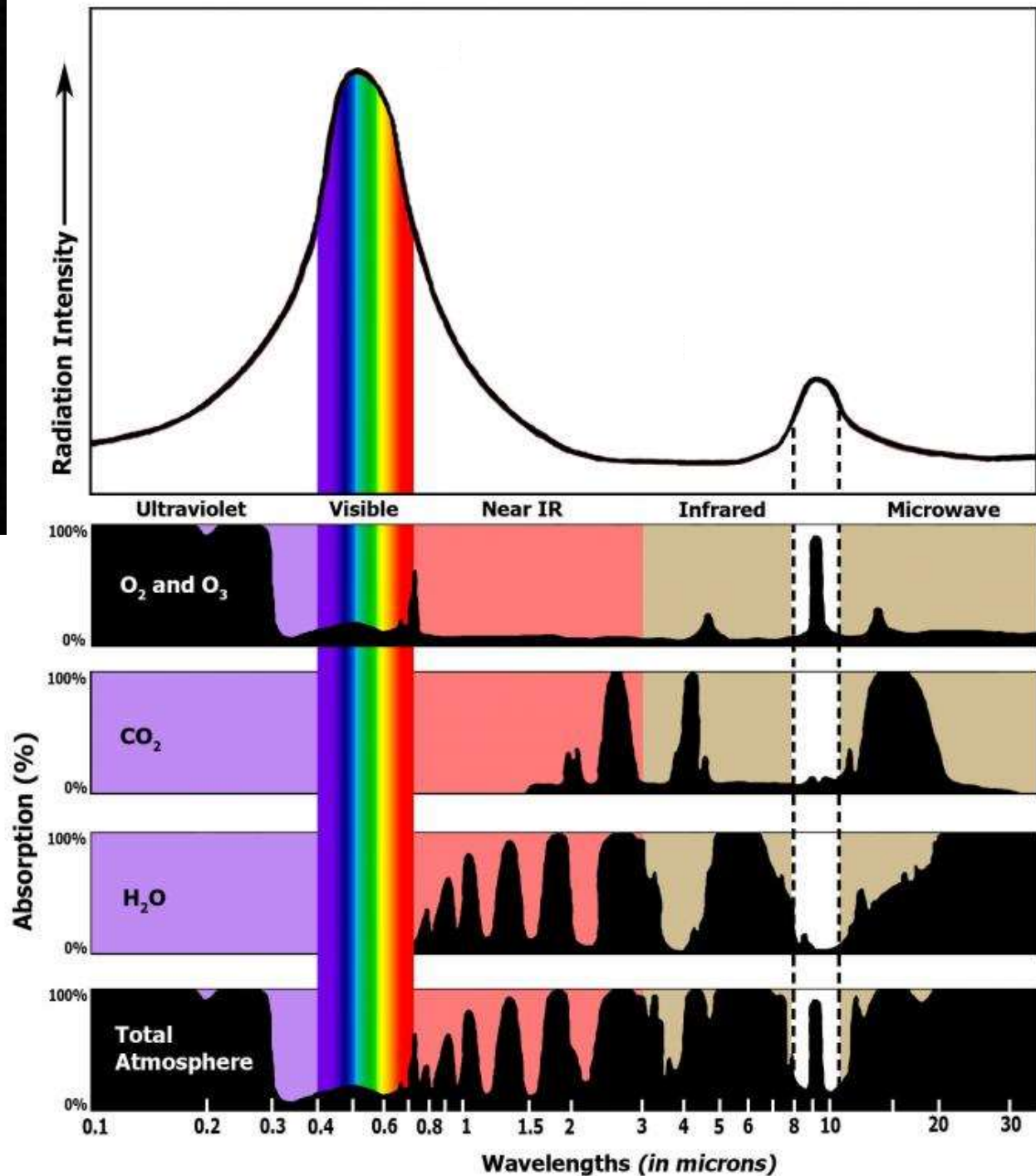
viac skleníkových plynov v atmosfére \Rightarrow viac infračerveného (tepelného) žiarenia vráteného na Zem

skleníkový efekt – správnejšie efekt atmosféry



Absorpčná účinnosť skleníkových plynov

- hlavným a najúčinnnejším skleníkovým plynom je vodná para, jej koncentrácia v atmosfére je stabilná
- druhým najdôležitejším skleníkovým plynom je oxid uhličitý CO_2





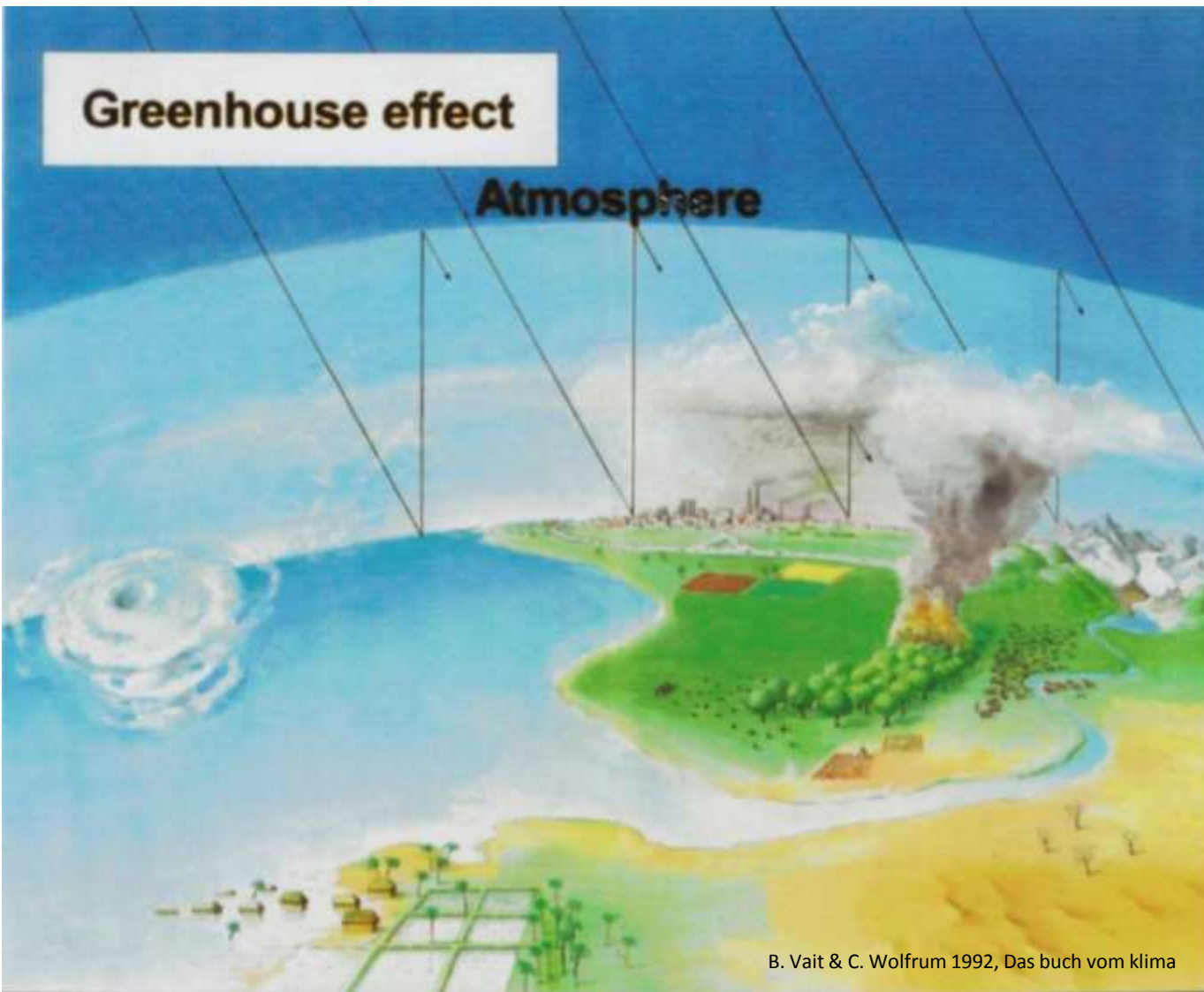
Flux Measurements in Poland: past, present and perspectives

**Janusz Olejnik, Bogdan H. Chojnicki, Marek Urbaniak, Radosław
Juszczak, Maria Michalak, Paweł Siedlecki, Alina Danielewska,
Marcin Baran**

***Meteorology Department,
Poznan University of Life Sciences
POLAND***



Nesprávne vysvetlenie skleníkového efektu



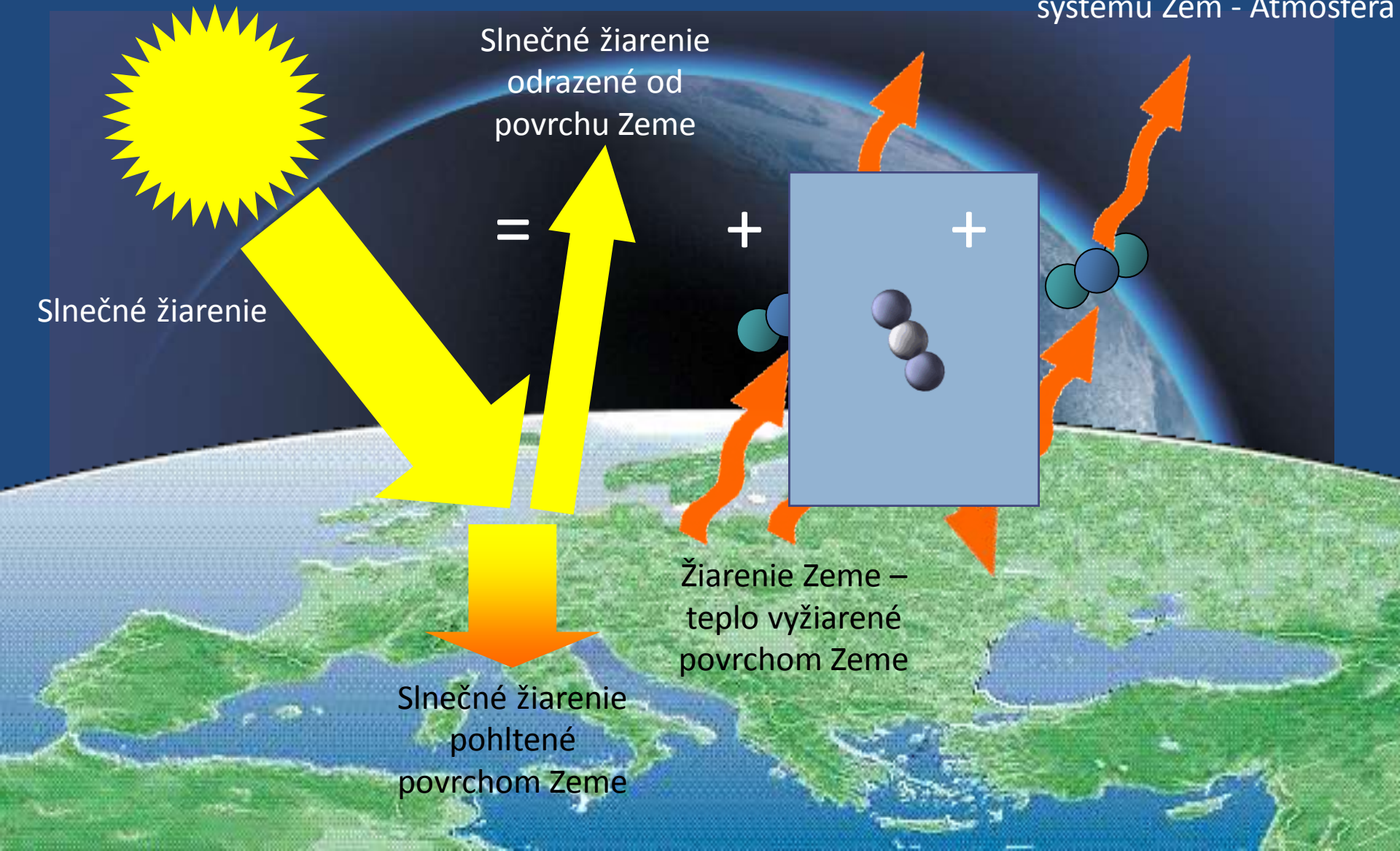
?

Čo je na obrázku
nakreslené zle?

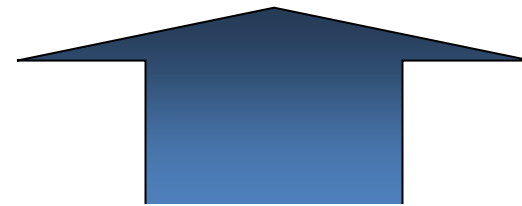
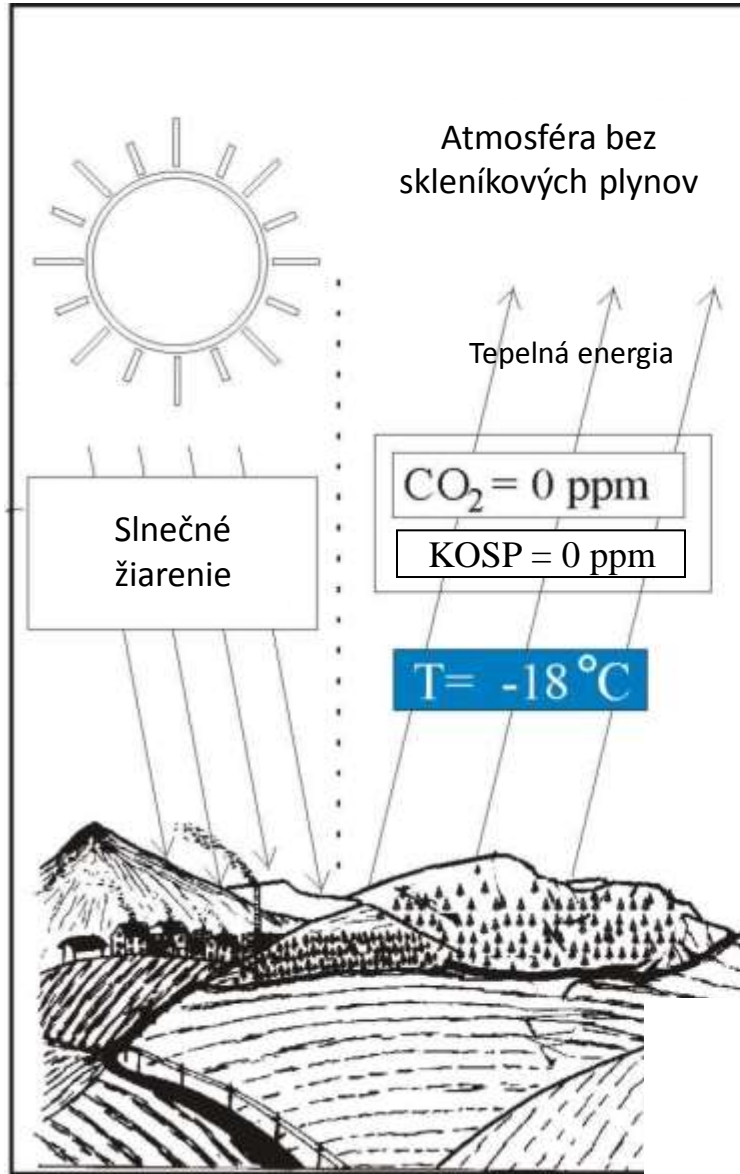
Vklad slnečnej energie do
systému Zem – Atmosféra
nie je vyvážený jej
spätným vyžarovaním.

Systém by sa „uvaril“
prvý slnečný deň.

Dopadajúca energia na Zem = Slnko + Tepelná energia (mikrovlnné žiarenie) vyžiarená do kozmu zo systému Zem - Atmosféra



Vplyv CO₂ a koncentrácie ostatných skleníkových plynov (KOSP) na globálnu teplotu povrchu Zeme (ppm = parts per million)



Antropogénny prísun CO₂ do atmosféry –
hlavne spaľovaním fosilných palív

