

# Fizika podnebnih sprememb

## delavnica na PPU

Gregor Skok, Aleš Mohorič

Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani

Stalno strokovno spopolnjevanje 2024/25

# Prenova učnega načrta

- trije novi tematski sklopi
  - standardni model
  - kvantna fizika
  - **ozračje**

# Tematski sklop Ozračje

- vlažnost zraka
- prosta konvekcija
- učinek tople grede

# Cilji podsklopa Učinek tople grede

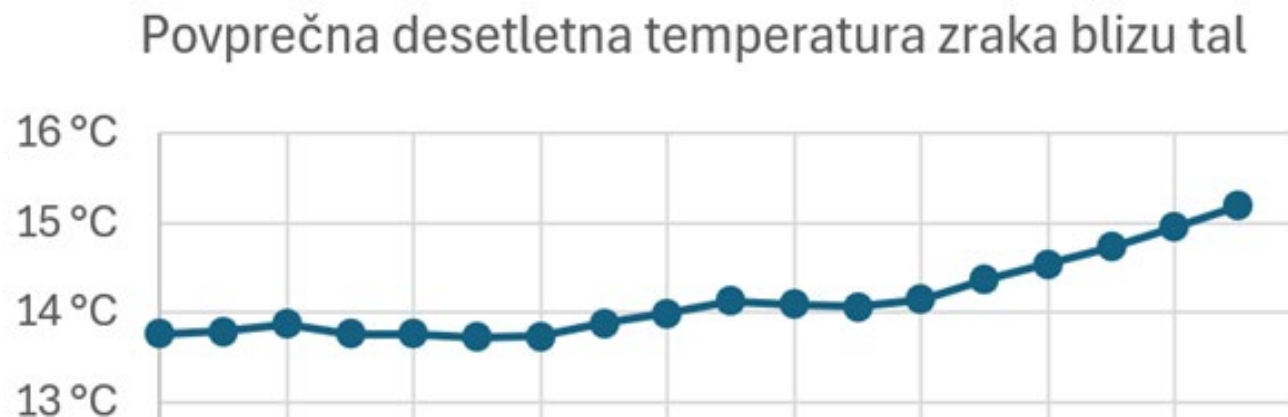
Dijak:

- razume, da je sončno sevanje glavni vir energije za površje in ozračje Zemlje,
- pozna razliko med sončnim in terestričnim sevanjem,
- pozna absorbcijo sevanja v Zemljini atmosferi,
- razume, da ozračje ustvari učinek tople grede z absorpcijo večine sevanja, ki ga oddajajo
- tla, ta pa nazaj prejemajo tudi del sevanja, ki ga oddaja ozračje,
- razume, kako povečanje količine toplogrednih plinov v ozračju vodi v višjo ravnovesno
- temperaturo in posledično do globalnega segrevanja in drugih sprememb podnebja
- razume, kako človeški izpusti CO<sub>2</sub> in metana spremenijo sestavo ozračja in povzročijo
- spremembe podnebja.

**aktivnost 1 - Povprečna temperatura ozračja blizu površja**

a) Iz podatkov v tabeli izračunamo povprečne vrednosti za vsakih zaporednih deset let in ocenimo ali izračunamo standardni odklon, s čemer ocenimo raztros posameznih podatkov. Delo si razdelite znotraj skupine

b) Temperatura je sto let na prelomu iz 19. v 20. stoletje približno konstantna v okviru negotovosti, potem pa začne (monotono) naraščati.



c) Ocenimo ali izračunamo standardni odklon, ki predstavlja oceno velikosti naravne spremenljivosti klimatskega sistema – pride  $\sigma \sim 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Prisotnost trenda lahko vpliva na oceno medletne spremenljivosti, kar predstavlja problem (recimo  $\sigma$  za celotno obdobje 1850-2020 pride  $0.4 \text{ } ^\circ\text{C}$  zaradi trenda). Dolžino potrebnega časovnega intervala dobimo z uporabo izraza za standardno napako  $dT = \sigma / (N-1)^{1/2}$ , kjer ob predpostavki  $dT = 0.02 \text{ } ^\circ\text{C}$  in  $\sigma = 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , dobimo  $N = 26$  let. Prisotnost trendov lahko potrdimo za obdobja, ko je sprememba povprečne temperature večja od naravne spremenljivosti. To je predvsem obdobje po 1970.

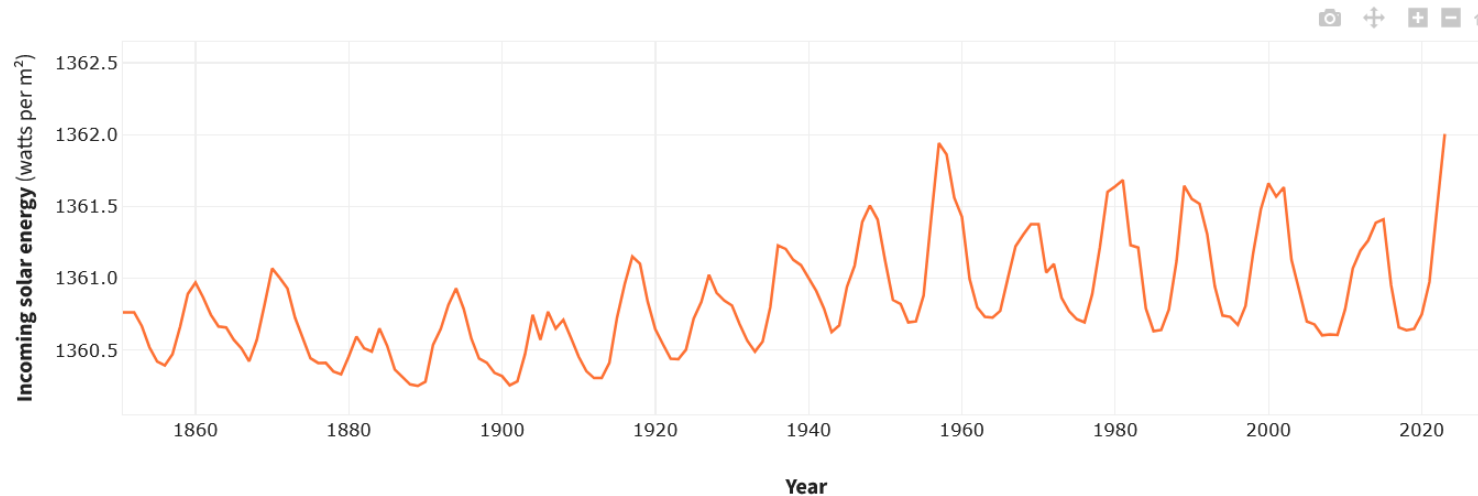


d)

- Povečan izsev Sonca – poiščemo podatke o izsevu Sonca za opazovano obdobje, ta bi se moral povečevati.
- Sprememba razdalje med Zemljo in Soncem – ta bi se morala manjšati,
- ogrevanje Zemlje s kurjenjem fosilnih goriv, ( $Q=mcDT$ )
- spreminjanje albeda Zemlje,
- spreminjanje ozračja.

- Vir: <https://www.climate.gov/graph-dashboard-suns-energy-total-solar-irradiance>

### SUN'S ENERGY (TOTAL SOLAR IRRADIANCE)

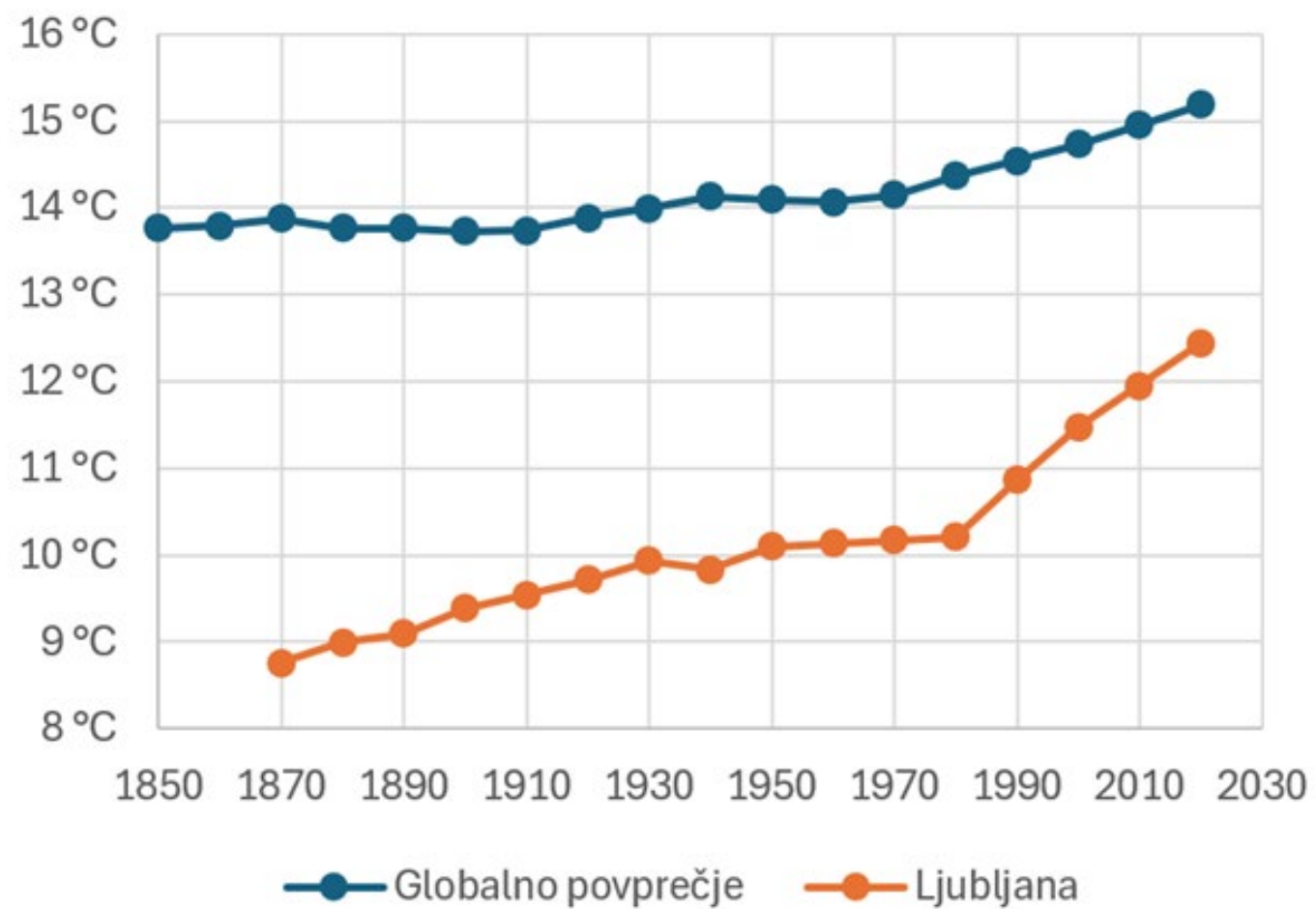


Reconstruction of total solar irradiance based on sunspot observations since the 1600s. During strong solar cycles, the Sun's total average brightness varies by up to 1 Watt per square meter. Changes in the Sun's overall brightness since the pre-industrial period have been minimal, making a very small contribution to global-scale warming. NOAA Climate.gov image, based on the Climate Data Record by Coddington, et al., 2016.

[View full indicator >](#)

e)

Povprečna desetletna temperatura zraka blizu tal

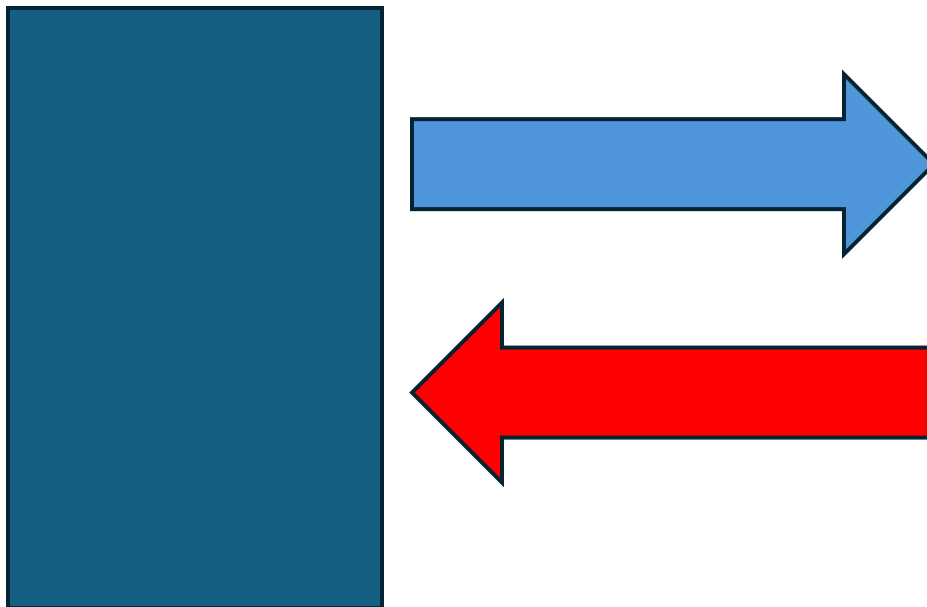


# Aktivnost 2 - Sevalno ravnovesje

- ozračje je kot neka prevleka, ki jo damo čez Zemljo, in ukvarjali se bomo s tem, kako ta vpliva na toplotne tokove. Najprej pa, da bomo razumeli vpliv atmosfere, pogledajmo kako potekajo toplotni tokovi brez atmosfere.

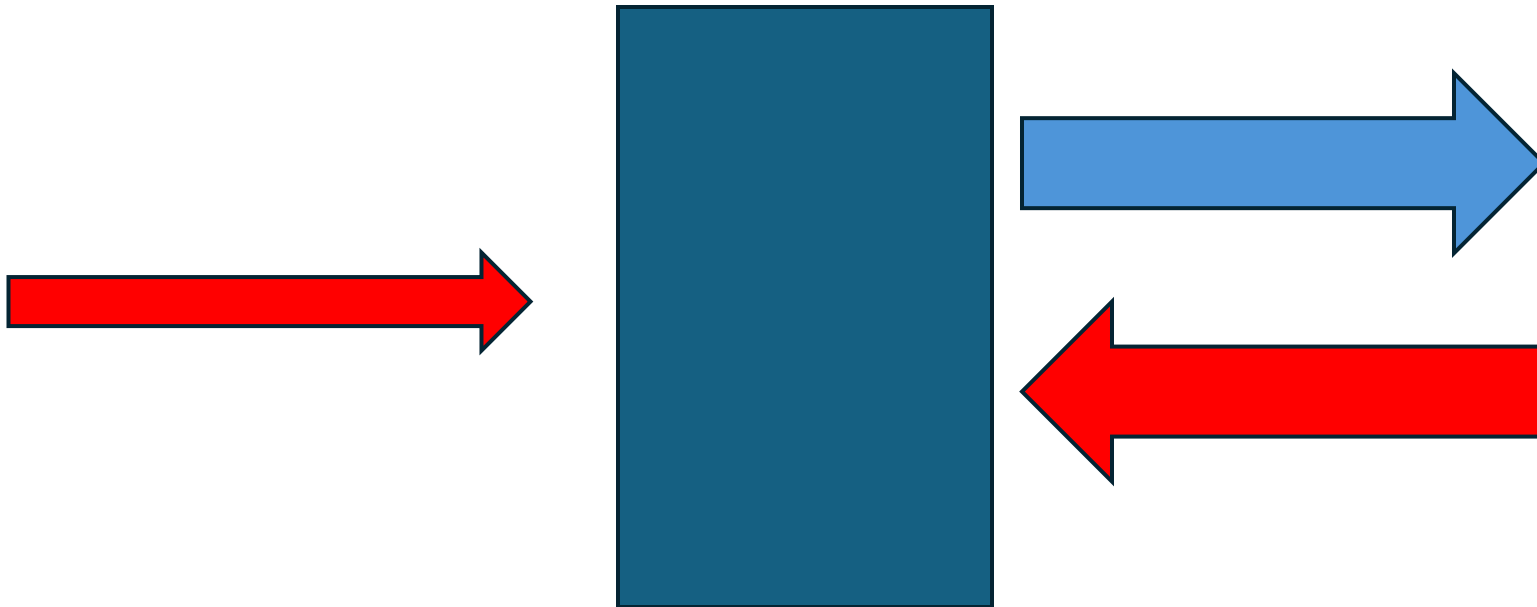
# Aktivnost 2

a) globus seva v okolico in prejema sevanje iz okolice z enako močjo



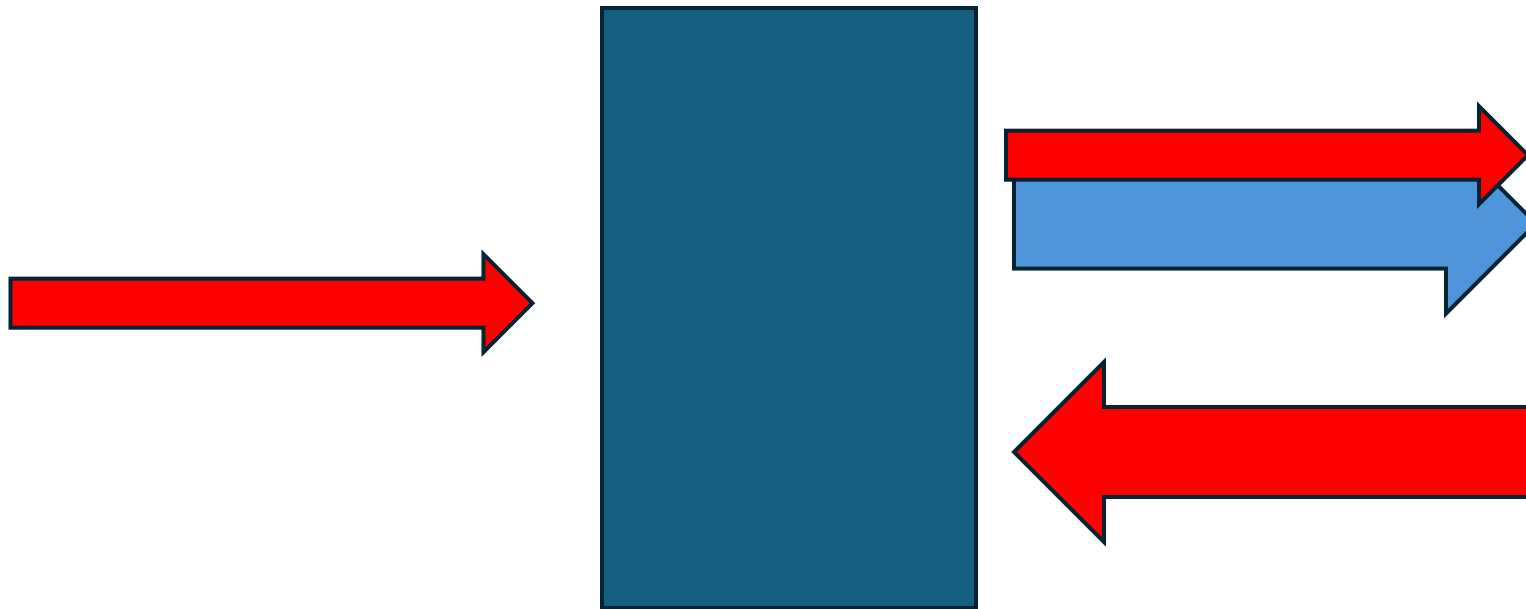
# Aktivnost 2

b) toplotni tok iz globusa je enak kot prej, toplotni tok iz zunanosti je tak kot prej, toplotni tok od žarnice se pridruži, kar pomeni, da se energija globusa začne povečevati



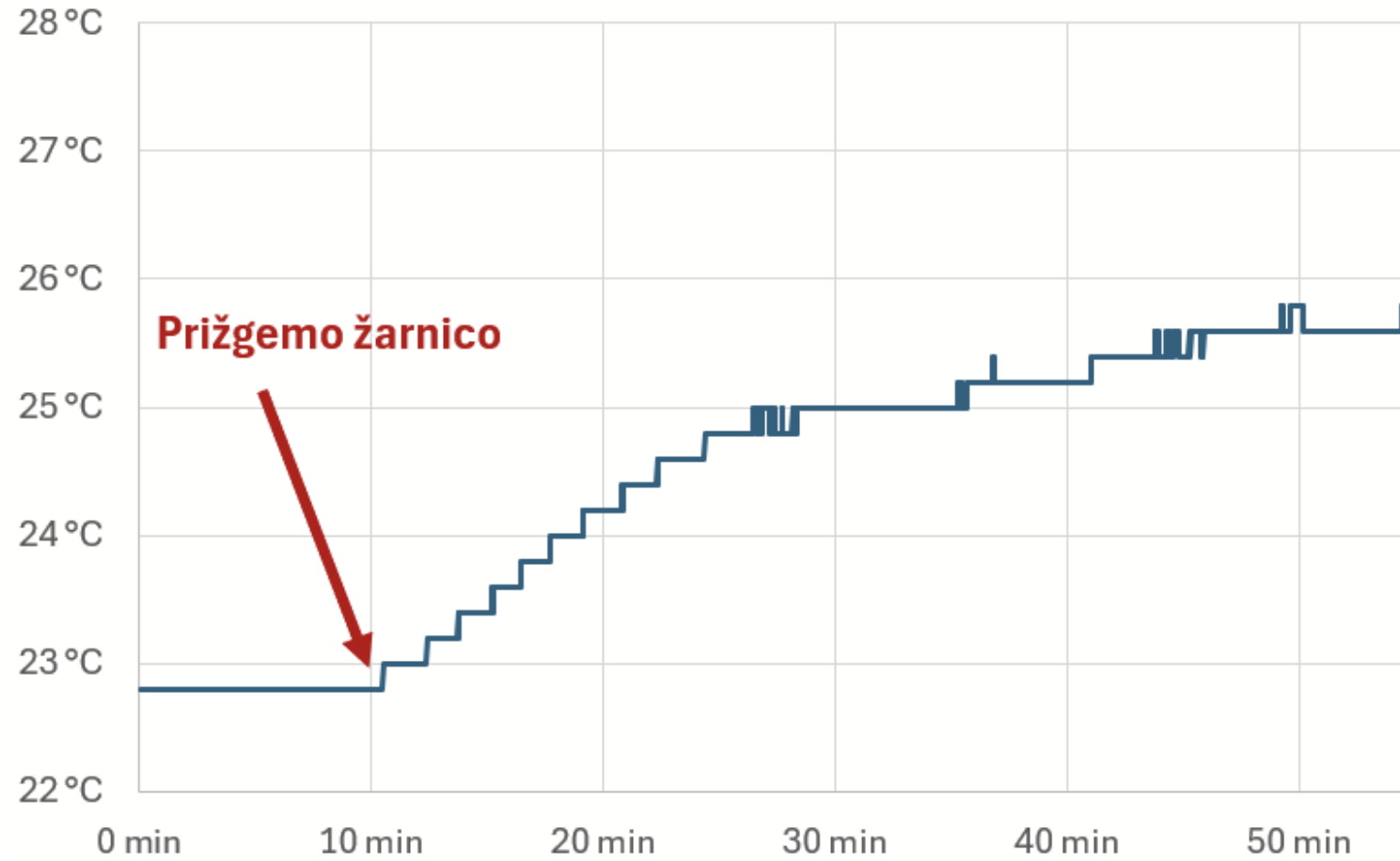
c)

- $T_o^4 + \frac{P}{\sigma S} = T_g^4$



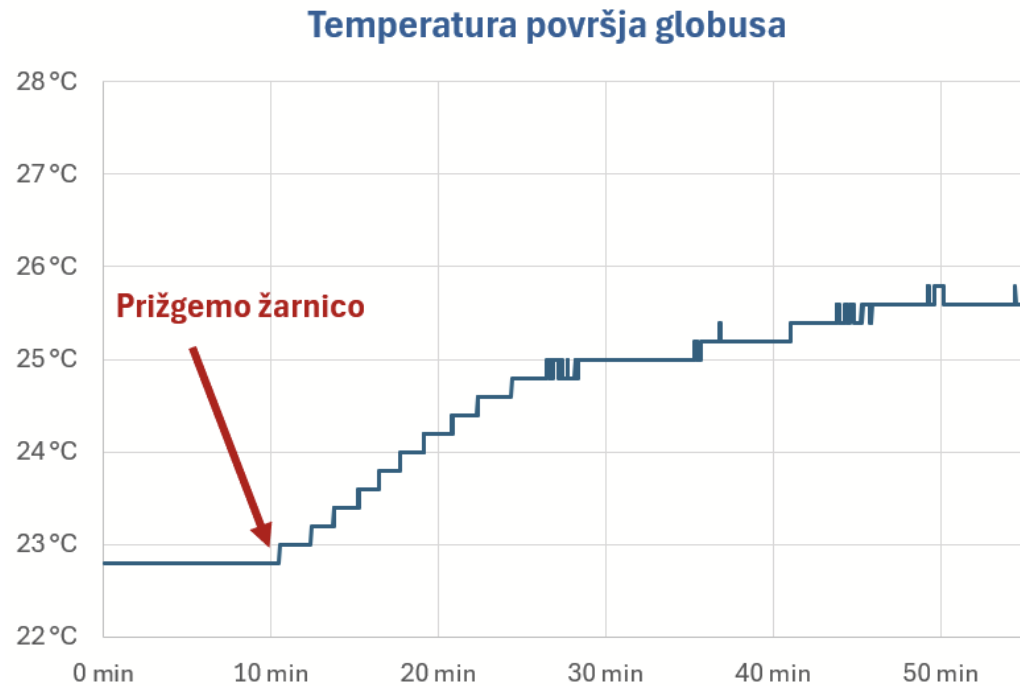
d)

### Temperatura površja globusa

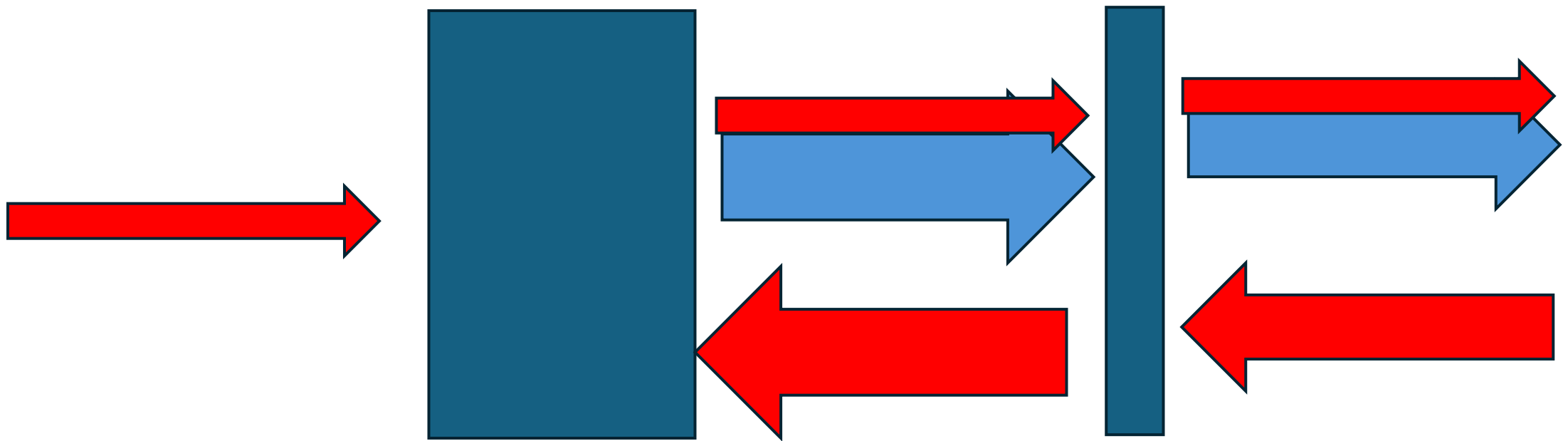




d) končna temperatura je nižja, kot izračunana zaradi dodatnih toplotnih tokov (konvekcija, kondukcija) iz sistema

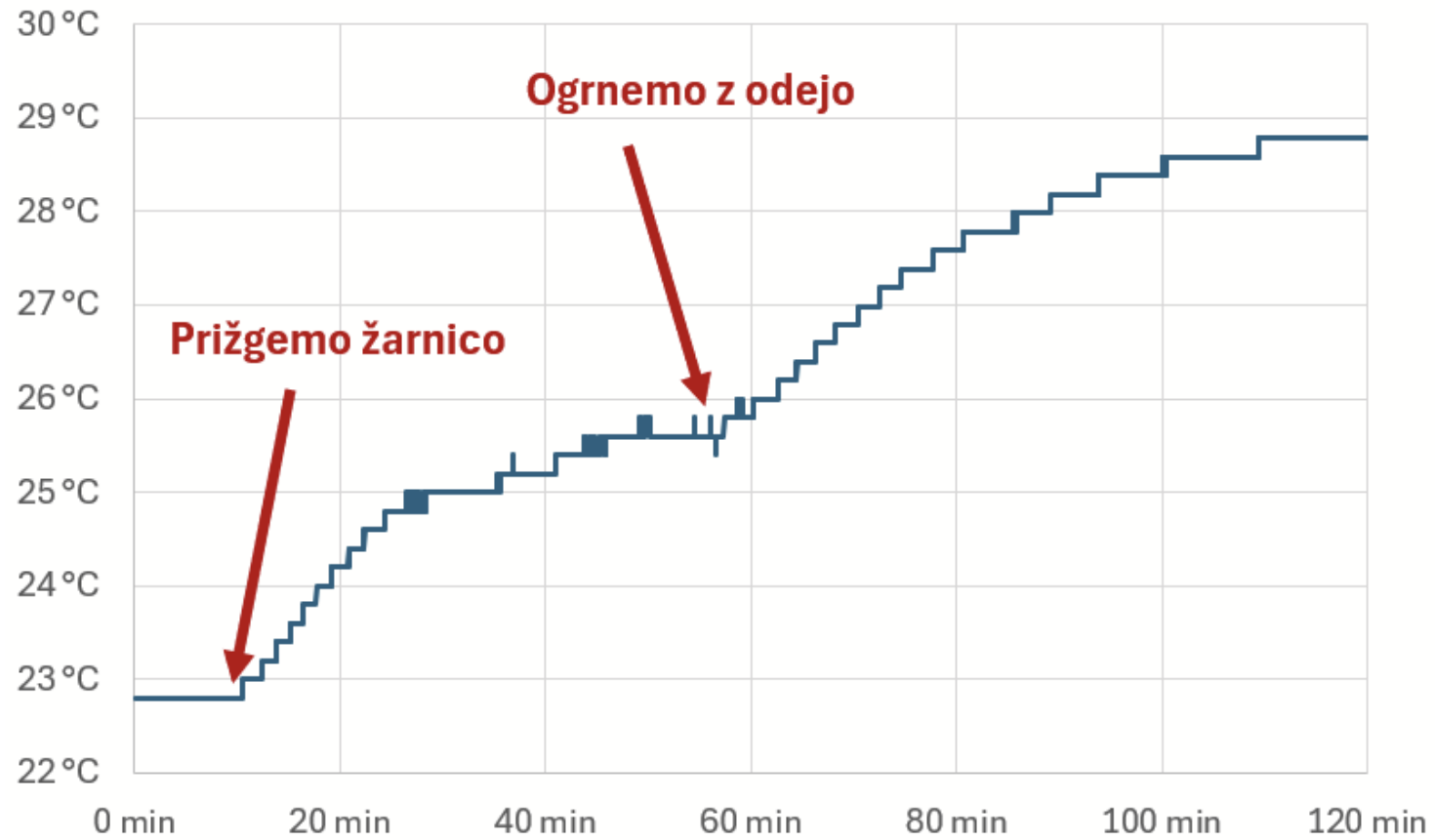


e)

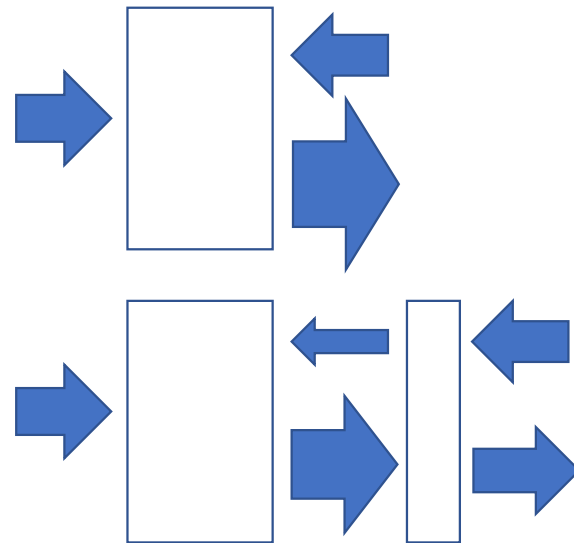


f)

### Temperatura površja globusa



g) Tu so toplotni tokovi taki kot v primeru b). Temperatura na zunanjem površju odeje zdaj ustreza temperaturi površja v primeru b), višjo temperaturo na površju globusa pa pripišemo toplotni izolaciji in toku, ki ga poganja temperaturna razlika čez to izolacijo.

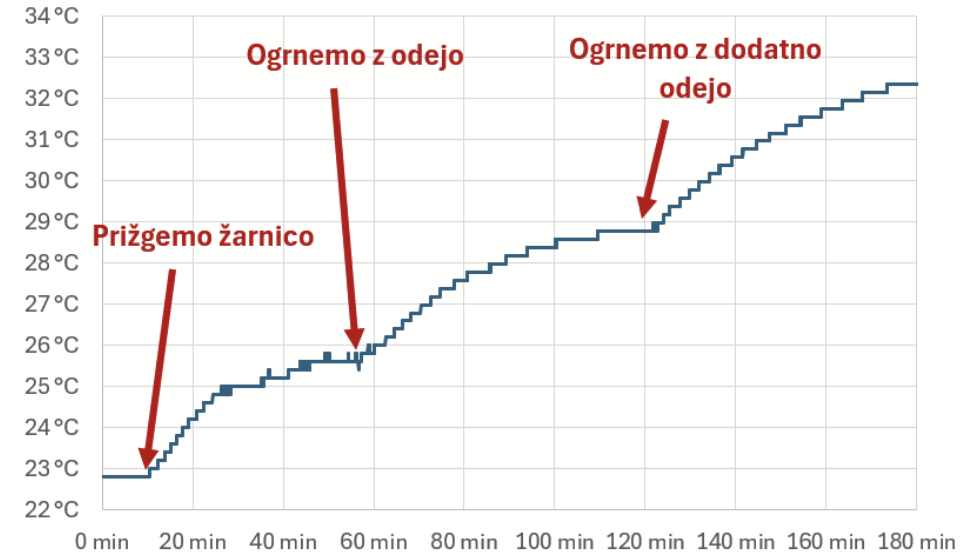


Zgornje je osnovna situacija ravnovesja brez atmosfere.

Spodnje je prvi korak v dodajanju atmosfere. Tu lahko vzamete za sistem Zemljo, za katero je ravnovesje OK. Tako bi jaz razmišljal. Če pa vzamete za sistem Zemljo in atmosfero, ravnovesje ni OK. Vprašanje za občinstvo: zakaj ne? Kaj smo pozabili? Segrevanje atmosfere.

Šele na tej točki se mi zdi previ trenutek, da se vpelje tok zaradi sevanja atmosfere nazaj na Zemljo. Tu imata zdaj dve poti: ena je: "zunaj atmosfere ostane vse enako", druga pa: "kaj če atmosfera prepusti vse noter, ne pa vsega ven?". Obe lahko štartata iz tega diagrama.

Temperatura površja globusa

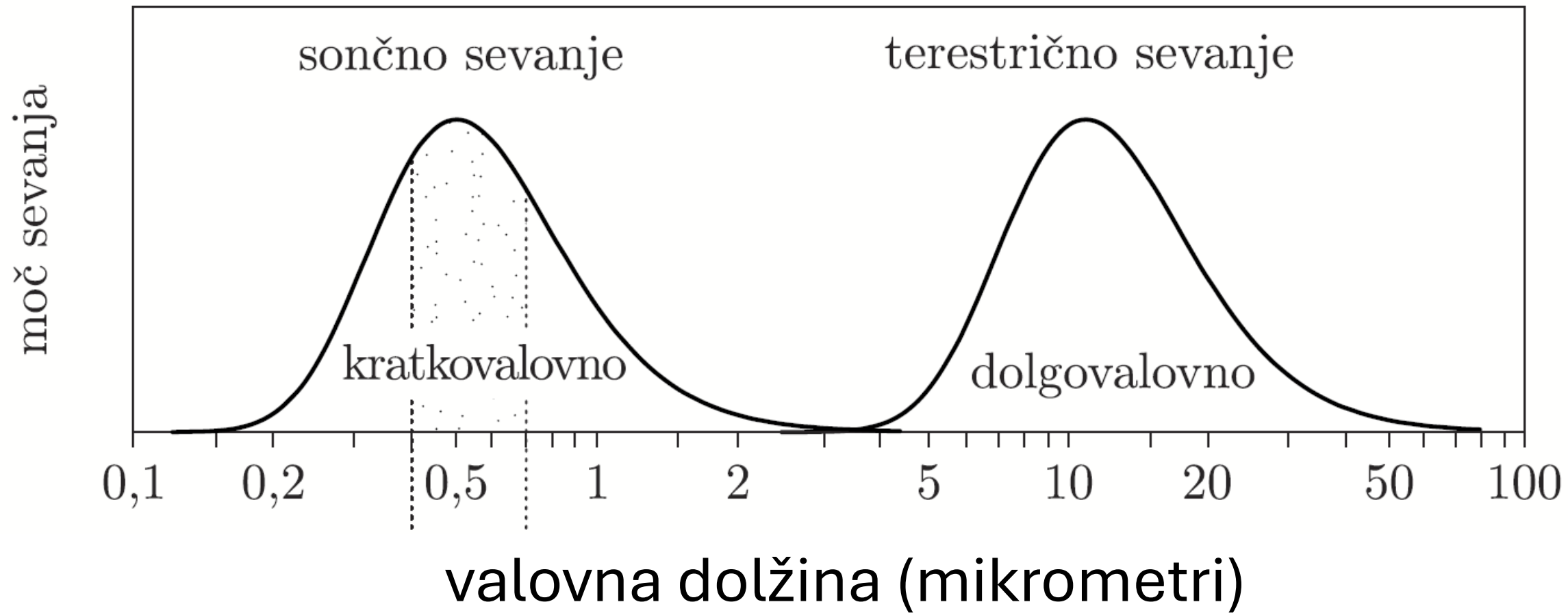


h) Podobnosti: globus in Zemlja sta oba okrogla in izmenjujeta energijo z okolico. Oba lahko dosežeta ravnovesno stanje pri čemer bo temperatura, vsaj približno konstantna. Ravnovesna temperatura je odvisna od velikosti tokov energije med različnimi deli sistema in okolico. Razlike: Med Zemljo in okolico ni prenosa energije s kondukcijo/konvekcijo ampak le s sevanjem. Površje na Zemlji ne prejema večine energije iz notranjosti ampak od sončnega sevanja. Atmosfera za razliko od odeje prepušča večino sončnega sevanja.

## aktivnost 3 - Spektralne lastnosti ozračja in sončne svetlobe

a) Steklo je očitno prozorno za vidno svetlobo, za IR pa ne.  
Atmosfera ja podobna

b)





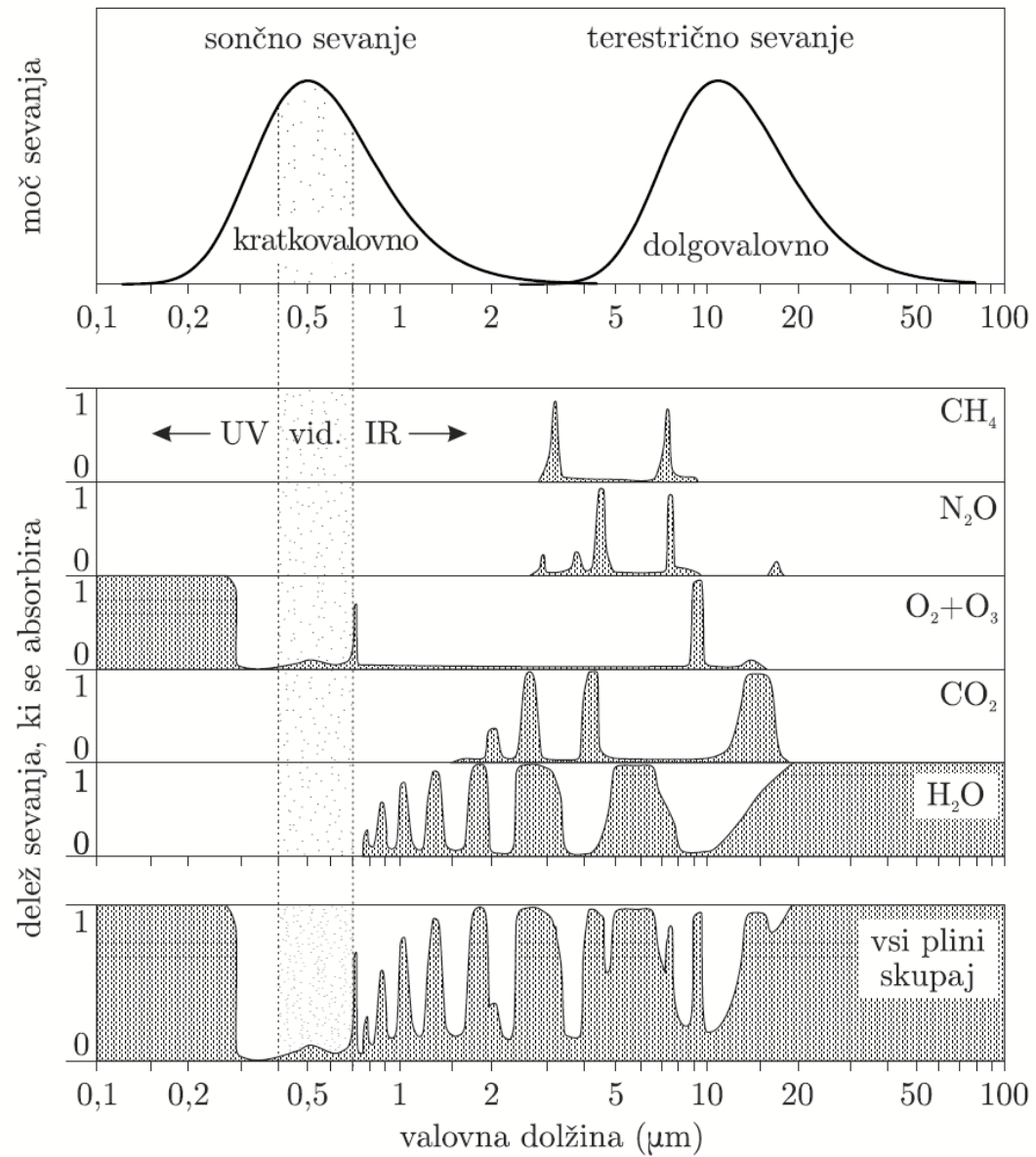
c)

- 6000 K in 300 K

d) <https://www.youtube.com/watch?v=SeYfl45X1wo>

- 1. Razlaga – absorbira se, 2. razlaga – odbije se

e) <https://www.youtube.com/watch?v=kwtt51gvaJQ>



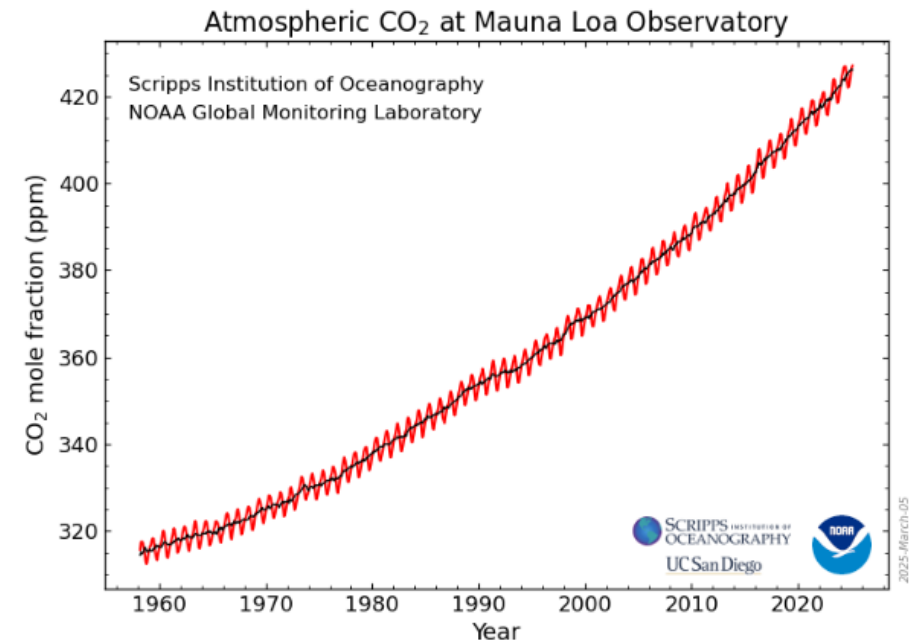
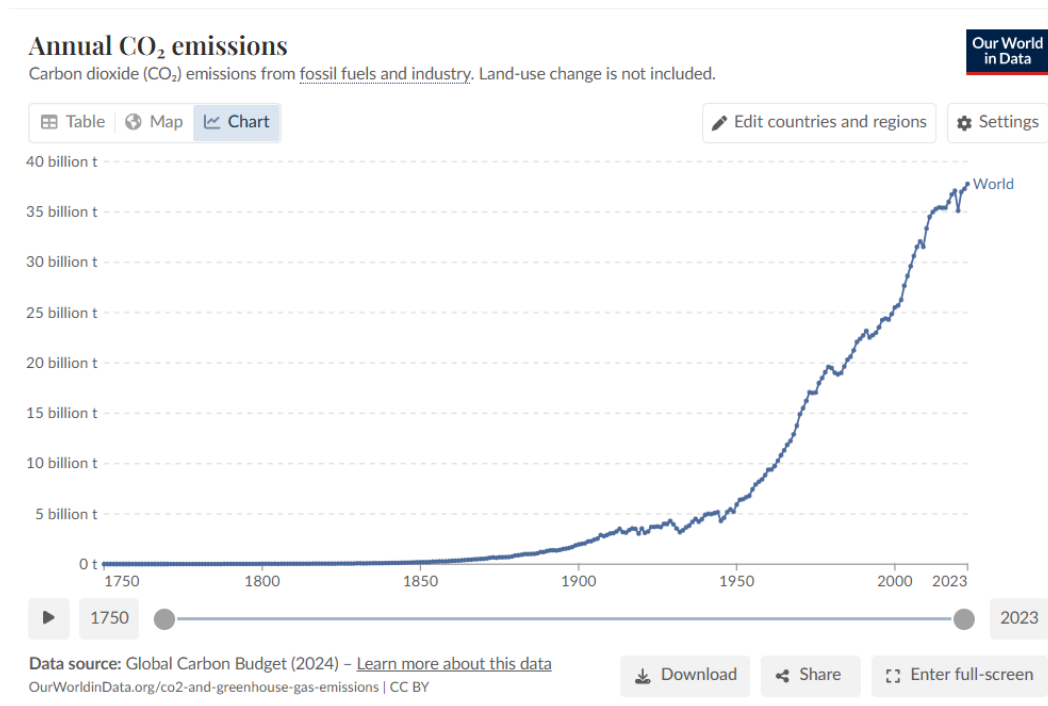
# Aktivnost 4

b)

- koncentracija  $\text{CO}_2$  narašča zaradi zgorevanja ogljikovodikovih goriv

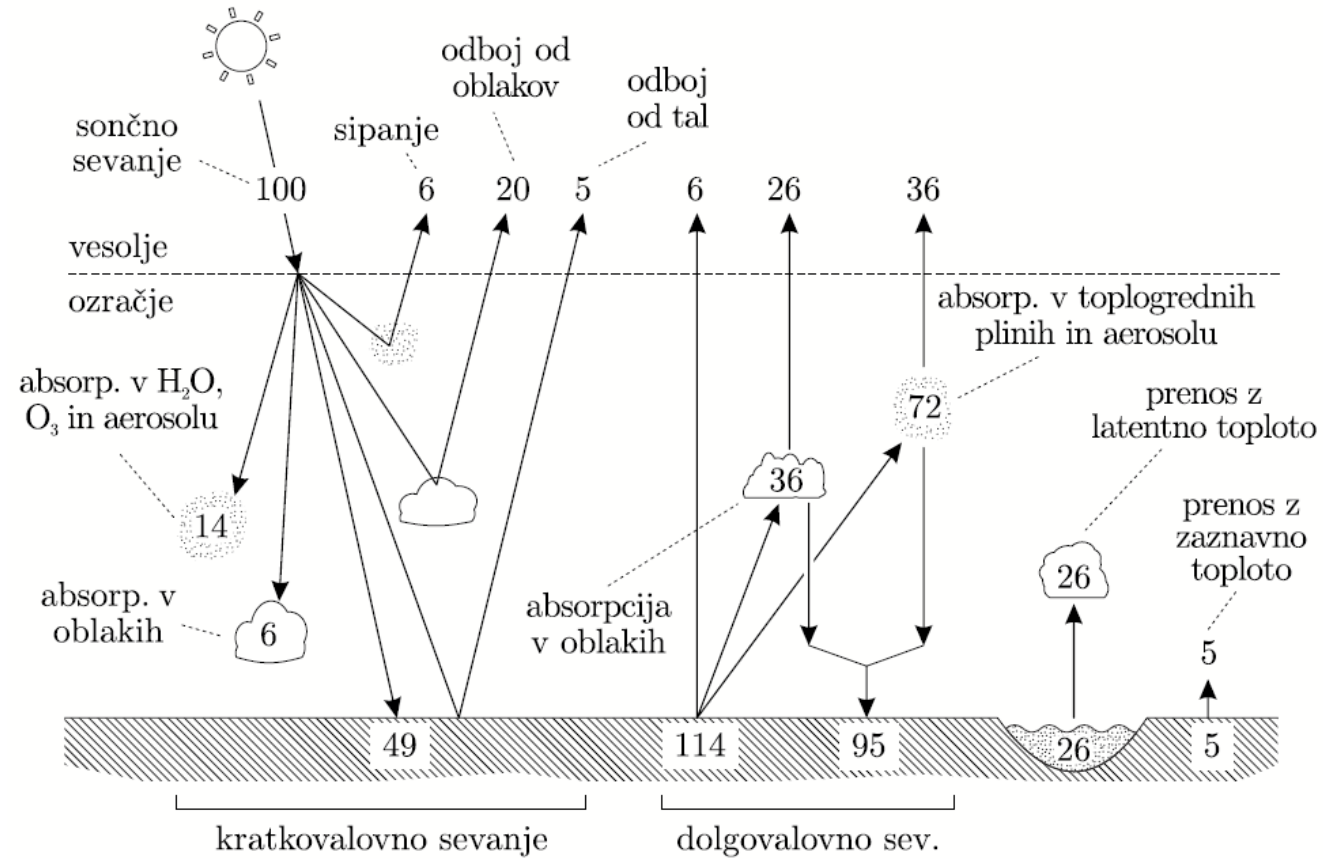
c) <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>





d)



Slika 58: Skica povprečnih energijskih tokov na Zemlji. Števila predstavljajo delež, izražen v odstotkih, v primerjavi s skupno močjo sončnega sevanja, ki vpada na Zemljo (100 % ustreza moči približno  $1,74 \cdot 10^{17}$  W). Prirejeno po [10].

# aktivnost 5 - gladina oceanov in taljenje ledu

a) <https://youtu.be/VI0dTQHzKXs?t=41>

- <https://www.youtube.com/watch?v=t7izrPtLnsM>