

# Vertikalni temperaturni gradient



JOŽE RAKOVEC

→ Opis spreminjanja temperature z višino, vertikalni temperaturni gradient, ki je bil podan v pripevku v [1] prejšnji številki Preseka, potrebuje nekaj dodatnih pojasnil.

Sončevo obsevanje je skoraj edini vir toplote za Zemljo (dotok toplote iz njene vroče sredice prispeva skoraj štiri tisočkrat manj). Če bi toploto samo dodajali, bi bilo vse topleje in topleje. A ni tako, ker Zemlja tudi oddaja toploto v vesolje z infrardečim sevanjem – toliko, kot je dobi od Sonca, toliko je odda.

Ker čist zrak skoraj popolnoma prepušča Sončeve žarke, se od Sonca neposredno ogrevajo le tla (od tistega, kar se ne odbije od tal nazaj navzgor). Mirujoč zrak je obenem zelo dober toplotni izolator, zato se od tal navzgor toplota skoraj nič ne prevaja; prevaja pa se v tleh – podnevi navzdol v globino, ponoči z globine proti površini. Če ne bi bilo še drugih načinov prenosa toplote od tal navzgor, bi bilo pri tleh zelo vroče, zgoraj v ozračju pa zelo mrzlo. Razlike bi bile seveda posebej velike podnevi, ko Sonce obseva tla, manjše pa ponoči.

Toplota od tal se vseeno prenaša tudi v višine, a skoraj nič s prevajanjem, ampak z dviganjem toplega zraka v višine, z infrardečim sevanjem, pa tudi tako, da je toplota, ki se porabi za izhlapevanje vode iz tal (iz morij in iz vlažnih kopnih tal) »skrita« v zraku (s tem, da je v zraku para). Ko se para »tam zgoraj« v oblakih kondenzira nazaj v vodne kapljice, se ta toplota ponovno »prikaže tam zgoraj«.

Zato je v povprečju po vseh krajih na Zemlji, preko dneva in noči ter v vseh letnih časih temperatura pri

morju 15 °C, zgoraj, kjer letijo letala (okrog 10 km visoko), pa poleti in pozimi okrog –50 °C. Torej v povprečju beležimo 65 °C razlike na 10 km ali –6,5 °C na kilometer višinske razlike.

Ni pa vedno in povsod tako. Vsako noč, posebej močno pa pozimi, se zrak pri tleh ohladi in je prav pri tleh najbolj mrzlo. Ta pojav je še posebej izrazit v kotlinah, kamor se z okoliških pobočij nateče mrzel, gost zrak in se ujame v kotlino (kot voda v škaf). Tedaj je lahko pri tleh tudi za pet, deset ali celo več stopinj hladneje kot 100 ali 200 m višje. Takrat torej temperatura zraka z višino ni vse nižja, ampak obratno – višja. Takemu pojavu rečemo temperaturni obrat ali temperaturna inverzija.

Včasih je v posameznih plasteh zraka kar po vsej višini enaka temperatura – temu rečemo izotermija.

Redkeje, a vseeno tu in tam, pa se temperatura z višino znižuje tudi za več kot –6,5 °C/km. To je tedaj, ko se zrak po višini izrazito meša: deli zraka se dvigajo, drugi deli pa spuščajo. Pri dviganju zrak prihaja v višine, kjer je zračni tlak nižji. Ker ga nič ne zadržuje, se tlak v njem prilagaja tistemu okoli nje tako, da se mu poveča volumen. Tako se tlak znotraj zraka, ki se je dvignil, zniža. Za povečanje volumna pa je treba odriniti okolico, v kateri je tlak  $p$  – to pa pomeni, da zrak ob povečevanju volumna opravlja delo  $+p\Delta V$ . To delo »plača« z znižanjem svoje notranje energije  $-mc_v\Delta T$ . Upoštevamo enačbo stanja plina  $pV = mRT/M$  in iz tega  $p\Delta V + V\Delta p = (mR/M)\Delta T$ , kako se zračni tlak spreminja z višino:  $dp = -\rho g dz = -(m/V)gdz$ , ter da je  $R/M = c_p - c_v$  in ugotovimo, da se zraku, ki se dviga, temperatura niža:  $\Delta T = -(g/c_p) \cdot \Delta z = -9,8 \text{ °C/km} \cdot \Delta z$ . Tam kjer je dviganje, se torej temperatura znižuje bolj, kot v povprečju:  $\approx -10 \text{ °C/km}$ .

# Barvni sudoku

↓↓↓

→ V  $8 \times 8$  kvadratkov moraš vpisati začetna naravna števila od 1 do 8 tako, da bo v vsaki vrstici, v vsakem stolpcu in v kvadratih iste barve (pravokotnikih  $2 \times 4$ ) nastopalo vseh 8 števil.

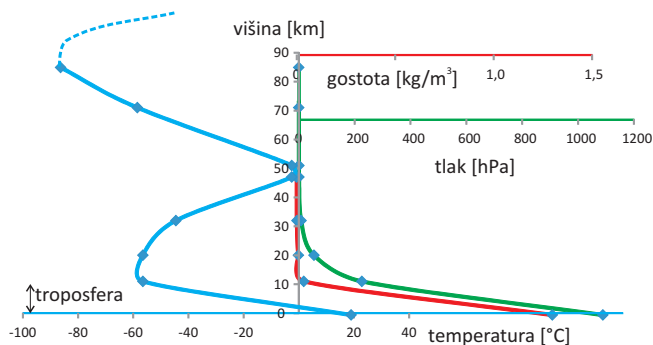
							5
		1					6
		6					4
7	4				8	3	
	6		4		7		2
	3		8		4		
						7	
			6			5	

REŠITEV BARVNI SUDOKU

4	5	2	1	6	8	7	3
3	7	9	8	1	4	2	5
6	1	4	5	8	7	3	2
2	8	7	3	4	5	6	1
1	3	8	9	5	2	4	7
7	4	5	2	3	6	1	8
8	6	3	7	2	1	5	4
5	2	1	4	7	3	8	6

Ob spuščanju pa obratno: zrak ki pride »dol«, okoliča stisne na svoj tlak – in zato se spuščajoči se zrak ogreva z globino za  $\approx 10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$ . Ker se ob vertikalnem mešanju dogaja tudi mešanje po horizontali, se torej povsod na takem področju vzpostavi upad temperature z višino  $\approx -10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$ .

Kje pa se pojavlja tako močno zniževanje temperature z višino? Dviganje zraka je pod oblaki, v okolici pa je za izravnavo spuščanje zraka. Kjer vidimo, da nastajajo oblaki, je  $\Delta T \approx -10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km} \cdot \Delta z$ . Kako dolgo to traja? Dokler se zrak dviga. Kaj pa kjer ni oblakov? Tam se zagotovo temperatura z višino znižuje za manj, kot za  $\approx -10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$ . In povprečno? Kot smo že povedali, v povprečju je  $\Delta T = -6,5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km} \cdot \Delta z$ . To je povprečje med vsemi najrazličnejšimi možnostmi; vključno z območji, kjer so temperaturne inverzije, kjer so izotermije, vključno z območji z zmernim padcem temperature z višino ter vključno z območji, kjer se zrak izrazito meša in zato temperatura z višino močno pada.



SLIKA 1.

Nad troposfero začne temperatura naraščati do višine 50 km, nato pa spet pada. Grafi kažejo temperaturo (modro), gostoto (rdeče) in tlak (zeleno) zraka na različnih nadmorskih višinah, kot jih definira Mednarodna standardna atmosfera.

## Literatura

- [1] A. Mohorič, *Atmosferski tlak in platenka*, Presek 44, 4 (2016/17), 30–31.

→  
→  
→

× × ×

× × ×