

SONČEVO OBSEVANJE ZEMLJE, VREMENSKI IN PODNEBNI GENERATOR

Darko Ogrin*



Povzetek

Sončevo obsevanje Zemljinega površja se spreminja v odvisnosti od astronomskih, atmosferskih in terestričnih dejavnikov. V prispevku je prikazano spreminjanje toplotnih letnih časov v srednjih in visokih geografskih širinah. Ti so posledica sezonskih sprememb dotoka energije Sončevega sevanja zaradi kroženja Zemlje okoli Sonca, nagnjenosti Zemljine rotacijske osi in dejstva, da se nagib in smer nagiba osi pri kroženju okoli Sonca ne spreminjata.

Ključne besede: kroženje Zemlje okoli Sonca, Sončevo obsevanje, višina Sonca nad ravnino obzorja, letni časi, dolžina dneva in noči

INSOLATION OF THE EARTH'S SURFACE – METEOROLOGICAL AND CLIMATIC GENERATOR

Abstract:

Insolation of the Earth's surface is subject to change, depending on astronomic, atmospheric and terrestrial factors. The paper presents the changing temperatures of seasons in the medium and high geographical latitudes. They result from seasonal change in the incoming solar radiation energy because of the earth's revolution, inclination of the earth's rotational axis, and the fact that the angle and the direction of the axis inclination do not change during the earth's revolution.

Keywords: revolution of the earth, insolation (incoming solar radiation), solar elevation angle, the seasons, day and night lengths.

Uvod

V vsakdanjem življenju se le redko zavedamo dejstva, da potujemo skupaj z našim planetom okoli Sonca s hitrostjo več kot sto tisoč km/h (natančneje okoli 30 km/s) in da se istočasno vrtimo okoli Zemljine rotacijske osi v smeri od zahoda proti vzhodu. Na naših geografskih širinah znaša hitrost vrtenja okoli 320 m/s, kar je več kot 1100 km/h. Če ta dejstva združimo z dejstvom, da je Zemljina rotacijska os nagnjena in da se nagib in smer nagiba pri kroženju okoli Sonca ne spreminjata, kar je vzrok za različno trajanje svetlega dela dneva čez leto, za različno višino Sonca nad ravnino obzorja (horizonta) in pojav letnih časov, potem se teh gibanj in njihovih posledic za vsakdanje življenje še kako zavemo. Najbolj občutimo temperaturne spremembe, bodisi tiste, ki izhajajo iz menjave letnih

* Dr. Darko Ogrin je izredni profesor na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. darko.ogrin@ff.uni-lj.si

časov ali dneva in noči, bodisi tiste, ki so posledica vpliva atmosfere (npr. oblačnosti) ali značilnosti Zemljinega površja (reliefa, vegetacije) na Sončevo obsevanje.

Vsebine iz planetarne geografije so velikega pomena za razumevanje podnebnih razmer v različnih prostorskih skalah. Od globalne ravni, kamor npr. sodijo splošno kroženje ozračja in podnebne klasifikacije, pa do lokalne in mikro ravni, kjer so pomembne za razumevanje topoklimatskih razmer. V našem šolskem sistemu so te vsebine najbolj zastopane v šestem razredu osnovne šole, ko se učencem večinoma zdijo preveč abstraktne in pretežke (Resnik Planinc, 2002). Težave povzročajo tudi učiteljem pri poučevanju. V srednji šoli se jih delno dotaknejo pri občji geografiji v prvih letnikih pri obravnavi podnebnih dejavnikov in vzrokov za različno segrevanje Zemlje in nastanek toplotnih pasov. Učitelju je prepriščeno, kako temeljito bo ponovil in nadgradil osnove iz osnovne šole ter poskrbel za učinkovito razumevanje temeljev podnebnega sistema. Veliko je dokazov, da je to znanje in razumevanje tudi pri univerzitetno izobraženih ljudeh precej pomanjkljivo. Samo primer iz medijev, ko je eden od novinarjev nastop zadnje zime razlagal z večjo oddaljenostjo Zemlje od Sonca. Zaradi opisanih razlogov se zdi piscu tega prispevka zato zelo pomembno, da učitelji na vseh stopnjah šolanja skrbijo za utrjevanje in nadgrajevanje znanja iz osnov planetarne (astronomske, matematične) geografije, prav tako, da se tudi učitelji neprestano izpopolnjujejo v tem znanju.

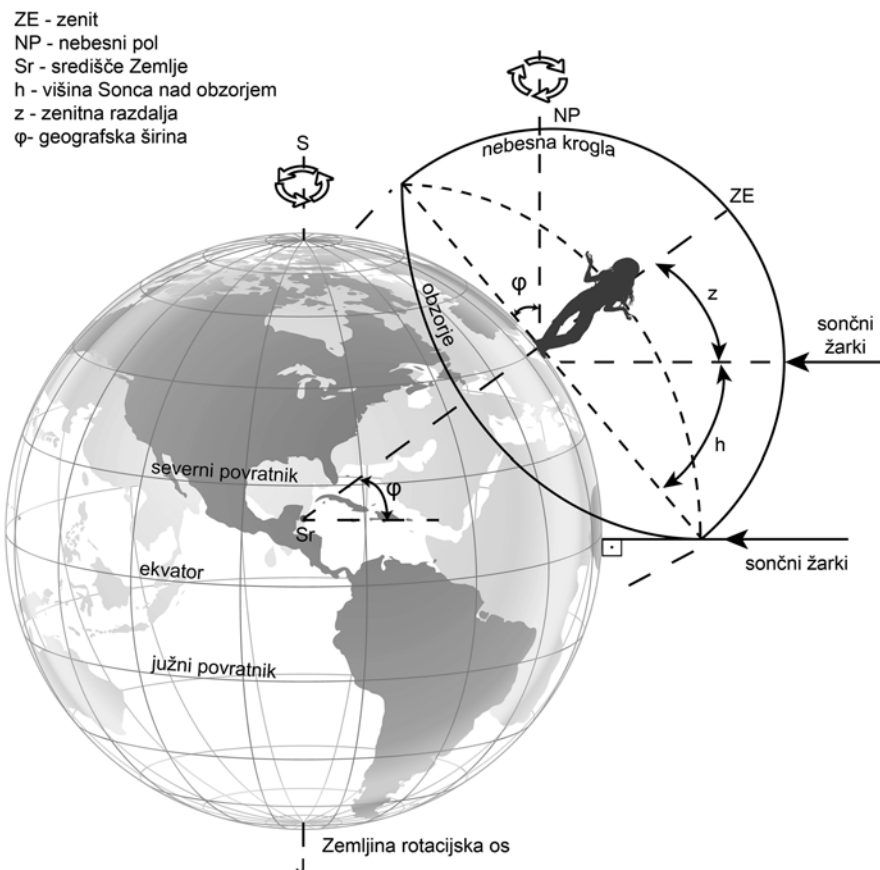
Letni časi kot posledica spreminjanja višine sonca nad obzorjem in trajanja obsevanja

Zemlja kroži okoli Sonca po eliptičnem tiru, dolgem okoli 942 milijonov km. Za polni obhod porabi nekaj več kot 365 dni (eno leto). Povprečno je od Sonca oddaljena 150 milijonov km. Ker pa ima njena revolucijska pot obliko elipse, se oddaljenost med Zemljo in Soncem čez leto spreminja. Najbližje Soncu (perihelij) je v začetku januarja (147 milijonov km), najdlje (afelij) pa v začetku julija (152 milijonov km). Iz tega bi lahko sklepali, da bi moral biti januar najtoplejši mesec, julij pa najhladnejši, ker pride tedaj do Zemlje zaradi večje oddaljenosti nekoliko manj energije Sončevega sevanja. Toda vsi vemo, da na severni polobli ni tako.

Naši letni časi so sicer posledica razlik v prejeti energiji Sončevega sevanja, toda ta je bolj kot od oddaljenosti Zemlje od Sonca odvisna od višine Sonca nad ravnino obzorja (oziroma zenitne razdalje Sonca; slika 1) in od trajanja Sončevega obsevanja (dolžine svetlega dela dneva). Energija, ki jo prejme Zemljino površje, je veliko večja, če je Sonce visoko nad obzorjem (če je zenitna razdalja Sonca majhna) in sončni žarki strmo vpadajo na površje. Sončni žarki, ki obsevajo Zemljino površje pod ostrejšim kotom, grejejo večjo površino kot npr. pri zenitnem položaju Sonca. Zaradi tega so nizke geografske širine, kjer imajo Sonce v zenitu ali je zenitna razdalja Sonca med letom majhna, toplejše od višjih geografskih širin. Razen tega je ob večji zenitni razdalji pot sončnih žarkov skozi atmosfero daljša, s tem sta večji tudi absorbcija in razpršitev sevanja v atmosferi.

Drugi pomemben dejavnik, od katerega je odvisno ogrevanje Zemljinega površja in ozračja, je trajanje Sončevega obsevanja. Daljše obsevanje pomeni več energije, ki jo prejme površje, in s tem višje temperature. Iz vsakdanjega življenja vemo, da so poletni dnevi daljši od zimskih. Prav

Slika 1: Zenit, zenitna razdalja in višina Sonca nad ravnino obzorja



tako, da je poleti Sonce opoldne višje nad ravnino obzorja kakor pozimi. Oboje je posledica nagnjenosti Zemljine osi in kroženja Zemlje okoli Sonca. Zemljina vrtilna os je nagnjena za $23,5^\circ$ od navpičnice na ravnino orbite okoli Sonca, njena smer v prostoru ostaja med kroženjem okoli Sonca nespremenjena. Zaradi tega je severna polobla v topli polovici leta nagnjena proti Soncu, v hladni pa vstran od njega. Sonce je 21. junija v zenitu na severnem povratniku, zenitna razdalja Sonca je v višjih geografskih širinah severne poloble manjša, zaradi česar prejme Zemljino površje več energije Sončevega sevanja. Temperature so višje kot pozimi, ko je zenitna razdalja Sonca večja (Sonce je nižje nad obzorjem) in sije na površje pod ostrejšim kotom.

Letni časi severne poloble

V ekvatorialnih in delno tropskih predelih so sezonske spremembe v prejeti energiji Sončevega obsevanja majhne, zato so minimalna tudi sezonska temperaturna nihanja. Večje razlike so v srednjih in višjih geografskih širinah, kjer govorimo o dveh glavnih in dveh prehodnih toplotnih letnih časih. Prehodna letna časa pomlad in jesen sta v visokih geografskih širinah kratka in neizrazita, izstopata dolga in hladna zima ter kratko, sveže poletje. O letnih časih govorimo tudi v nizkih geografskih širinah, vendar so ti zaradi neizrazitega letnega temperaturnega režima opredeljeni predvsem s spremembami splošne cirkulacije atmosfere in padavinami (npr. deževna in sušna doba).

Astronomsko poletje nastopi 21. junija (poletni obrat ali solsticij, tudi astronomski kres). Ob poldnevu tega dne je Sonce v zenitu nad severnim povratnikom, severneje je Sonce najvišje nad obzorjem v letu. Na geo-

geografskih širinah Slovenije (46° s.g.š.) je višina Sonca $67,5^{\circ}$, nad obzorjem severnega tečajnika 47° , nad severnim polom pa $23,5^{\circ}$. Tega dne sta dan in noč enako dolga na ekvatorju, severno od njega je dan daljši od noči, južno pa je obratno. Če Zemljina os ne bi bila nagnjena, bi bilo Sonce stalno v zenitu nad ekvatorjem, na vseh geografskih širinah bi bila dan in noč enako dolga, po 12 ur. Na severnem tečajniku je 21. junija ves dan svetlo (polarni dan), na južnem pa noč (polarna noč). Na severnem polu Sonce dejansko vziđe nad obzorje 20. marca in zaide čez pol leta, 22. septembra. Območju znotraj polarnega kroga, kjer Sonce vsaj enkrat na leto ne zaide, pravimo tudi »dežela polnočnega Sonca«.

Preglednica 1: Dolžina polarnega dneva in polarne noči v različnih geografskih širinah severne poloble

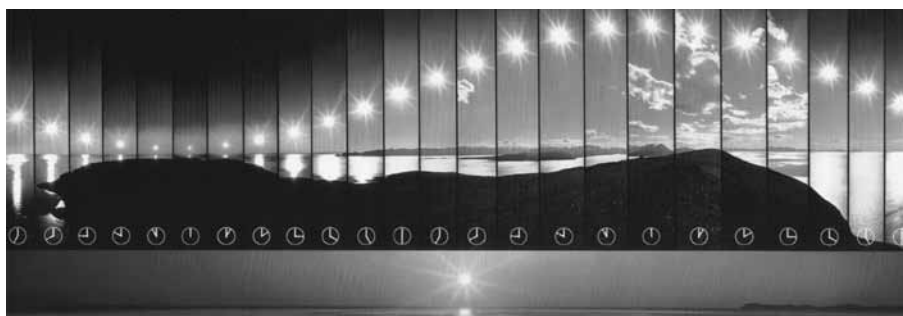
(Ahrens in Samson, 2011, str. 57)

Geografska širina	Polarni dan	Polarna noč
$66,5^{\circ}$	1 dan (21. junij)	1 dan (21. december)
70°	2 meseca	2 meseca
80°	4 mesece	4 mesece
90°	6 mesecev (21. 3. do 23. 9)	6 mesecev (23. 9. do 21. 3.)

Štiriindvajseturni dan in zelo dolgo Sončevo obsevanje znotraj polarnega kroga pa še ne pomenita, da imajo ti kraji tudi visoke poletne temperature. Povprečne poletne temperature so tu kljub polnočnemu Soncu nižje kot v Sloveniji, kjer svetli del dneva traja največ nekaj manj kot 16 ur. V Ljubljani (46° s.g.š., n.v. 300 m) je bila npr. povprečna julijska temperatura zraka v obdobju 1961–1990 $19,9^{\circ}\text{C}$ (Climate of Slovenia, 1996, str. 26), v Pallasjärviu na Finskem (68° s.g.š., n.v. 197 m) pa le $13,7^{\circ}\text{C}$ (Müller, 1983, str. 19). Take razmere so posledica velike zenitne razdalje Sonca v visokih geografskih širinah, zaradi katere je pot žarkov skozi atmosfero dolga. Na tej poti se zato velik del sevanja odbije, razprši ali absorbira. Učinek dolgega dne zmanjša tudi velika oblačnost polarnih predelov pleti, zaradi katere se velik del sevanja odbije od oblakov. Sončevo sevanje, ki doseže Zemljino površje, pa tega večinoma ne segreje, ker se ga veliko odbije od zasneženih in poledenelih površin (albedo snega je, odvisno od njegove starosti in čistoče, med 40 in 95 %; Moran in Morgan, 1997, str. 56) ali se porabi za taljenje zamrznjenih tal. Razen tega se, zaradi velike zenitne razdalje Sonca, absorbira na veliko večji površini kakor v nižjih geografskih širinah. Učinkovitost Sončevega obsevanja je torej v visokih geografskih širinah, kljub dolgemu dnevu, zaradi velike zenitne razdalje, večjega albeda in velike porabe energije za taljenje snega in zamrznjenih tal nižja kot v nižjih geografskih širinah, kjer je dan krajši, vendar je Sonce višje nad obzorjem.

Slika 2: Polarni dan na otoku Loppa (Norveška) med 21. (19.00) in 22. julijem (18.00)

(po razglednici, Kusmo-foto, Oslo, Norveška)



Meritve so pokazale, da prejmejo ob poletnem obratu največ energije Sončevega sevanja predeli okoli 30° s.g.š. in ne okoli severnega povratnika, kjer je Sonce v zenitu. To neskladje je posledica dejstva, da so največje puščave na svetu ravno okoli 30° s.g.š. Nad puščavami je oblačnosti zelo malo, zrak je zelo suh, površje je neporaščeno in suho, zato lahko površje absorbira veliko vpadlega sevanja (še posebej, če je temnejše barve) in ogreje zrak. Okoli severnega povratnika je ozračje bolj vlažno in z večjo stopnjo oblačnosti, zato se več sevanja razprši in odbije. Razen tega so poletni dnevi okoli severnega povratnika nekoliko krajši kot na 30° s.g.š.

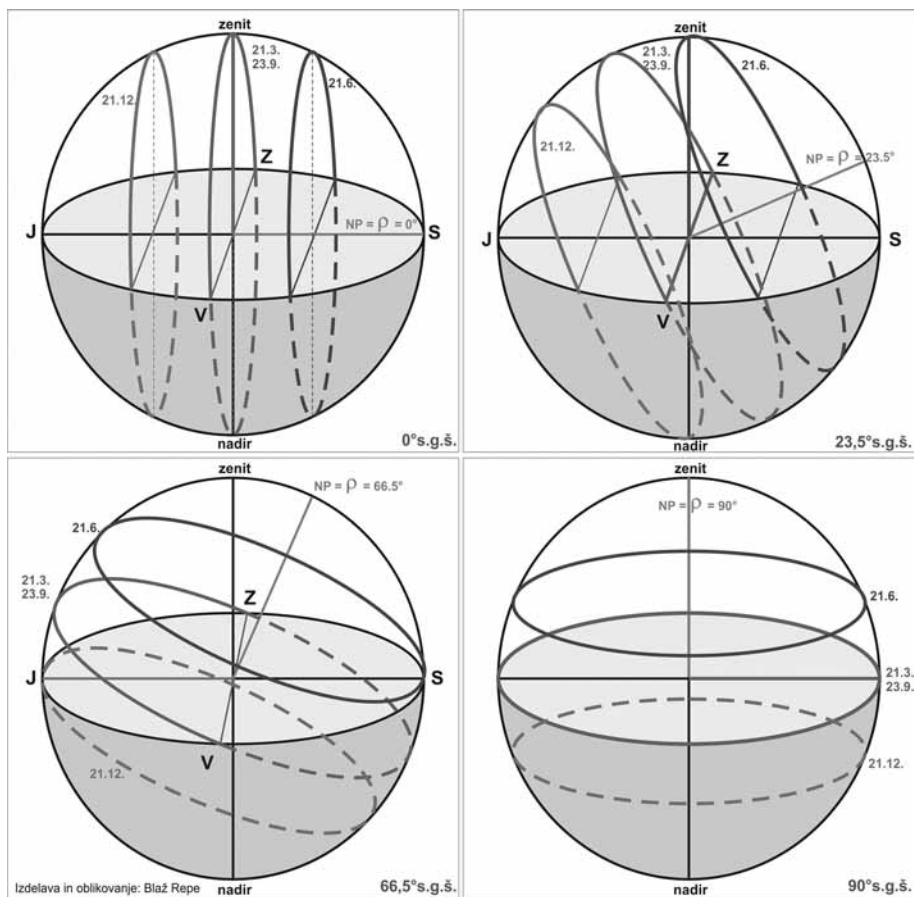
Po poletnem obratu se višina Sonca nad ravnino obzorja ob njegovi zgornji kulminaciji počasi zmanjšuje (povečuje se zenitna razdalja), poletni dnevi postajajo vse krajši, dokler ne nastopi 23. septembra enakonočje (jesenski ekvinokcij). Ob jesenskem enakonočju je Sonce v zenitu nad ekvatorjem. Razen na obeh polih sta dan in noč po celem svetu enako dolga. S tem datumom se začne **astronomska jesen** severne poloble (meteorološka se začne s 1. septembrom). Na severnem polu kroži Sonce na ta dan po ravnini obzorja, čez nekaj dni pa zaide pod obzorje in je pod njim dolgih šest mesecev. To pa ne pomeni, da imajo na polu pol leta temo, ker tema nastopi šele, ko se Sonce spusti pod 18° pod obzorje. Do tedaj je mrak, ki znotraj polarnega kroga bistveno zmanjša obdobje s pravo polarno temo. Na polih tako traja mrak vsega skupaj okoli 91 dni, prava polarna noč okoli 88 dni, polarnega dneva pa je skupaj za 186 dni (Lovrenčak, 1996, str. 102). Po 23. septembru se na severni polobli dnevi krajšajo, noči pa daljšajo, Sonce je ob zgornji kulminaciji vse nižje nad ravnino obzorja. Zaradi manj prejete energije Sončevega obsevanja in krajšanja svetlega dela dneva postajajo dnevi vse hladnejši, vegetacija se prične pripravljati na zimsko mirovanje.

Enaindvajsetega decembra (zimski obrat ali solsticij, tudi astronomski božič) je severna polobla nagnjena najbolj v stran od Sonca. Noči so dolge, dnevi pa kratki. Dolžina svetle polovice dneva traja od 12 ur na ekvatorju, do 0 ur na severnem tečajniku. Pri nas je dan dolg okoli 8 ur in 40 minut, preostalo je noč (Naše nebo, 2012, str. 19). Zimski solsticij označuje začetek **astronomske zime** severne poloble (meteorološka se začne s 1. decembrom). Sonce je na ta dan v zenitu na južnem povratniku, na severni polobli je ob zgornji kulminaciji najnižje nad ravnino obzorja v letu. Na ekvatorju je $66,5^{\circ}$ nad njo, na severnem povratniku 43° , na geografski širini Slovenije $20,5^{\circ}$, na severnem tečajniku je točno na obzorju, na severnem tečaju pa je Sonce najgloblje pod obzorjem ($-23,5^{\circ}$). Zaradi velike zenitne razdalje imajo sončni žarki zelo dolgo pot skozi atmosfero in ogrevajo veliko površino, zato postajajo dnevi vse hladnejši. K hitrejšemu ohlajevanju ozračja lahko še dodatno pripomore snežna odeja, ki ima zelo velik albedo, hkrati pa je ponoči odličen sevalec dolgovalovnega sevanja. Na severu Evrope in Azije (v Sibiriji) se lahko zrak ekstremno ohladi, tudi do -50°C in več. Občasno ta zelo hladen zrak preplavi srednjo Evropo in vdre v Sredozemlje, kjer lahko povzroči pozebe na mrz občutljivih kultur, npr. oljk. V Slovenski Istri so bile v 20. stoletju večje pozebe oljk, ko so se temperature spustile tudi pod -10°C , leta 1901, 1929, 1956, 1985 in 1996 (Ogrin D., 2007).

Po 21. decembru postajajo dnevi vse daljši, opoldansko Sonce je vse višje nad obzorjem, dokler nimamo 21. marca spet enakonočja. S spo-

mladanskim enakonočjem se začne **astronomska pomlad** (meteorološka nastopi s 1. marcem), ki traja do poletnega obrata. Na dan spomladanskega enakonočja je Sonce v zenitu nad ekvatorjem, na severnem polu se po šestih mesecih pojavi na obzorju. Višina Sonca nad obzorjem je na severnem povratniku $66,5^\circ$, v Sloveniji 44° , na severnem tečajniku pa $23,5^\circ$. Zaradi vse daljših dni in višjega Sonca postajajo dnevi vse toplejši.

Slika 3: Navidezne dnevne poti Sonca nad ravnino obzorja na ekvatorju, na geografski širini Slovenije, na severnem tečajniku in na severnem polu



Če primerjamo oba obrata s pojavom najvišjih oziroma najnižjih temperatur, opazimo, da nastane v srednjih geografskih širinah severne poloble do dvomesečni zamik. Sončevo obsevanje je najmočnejše 21. junija, temperature pa so najvišje nekaj tednov kasneje, običajno julija ali v začetku avgusta. Zamik nastaja, ker so še nekaj časa po poletnem obratu izgube energije z Zemljinega površja velike. Ko se izgube dolgovalovnega (terestričnega) sevanja Zemlje izravnajo oziroma so manjše od dotoka energije Sončevega sevanja, nastopijo tudi najvišje temperature zraka. Pozimi je dotok energije Sončevega sevanja najmanjši ob zimskem obratu, vendar so v tem času izgube energije z Zemljinega površja še vedno manjše od dotoka energije. Šele ko so izgube večje od dotoka energije, to je v januarju ali celo februarju, nastopijo najnižje temperature zraka.

Preglednica 2: Spreminjanje dolžine svetlega dela dneva glede na letni čas in geografsko širino na severni polobli (Ahrens, 2005, str. 46)

GŠ	21. marec	21. junij	23. september	21. december
0°	12 ur	12 ur	12 ur	12 ur
10°	12 ur	12,6 ure	12 ur	11,4 ure
20°	12 ur	13,2 ure	12 ur	10,8 ure
30°	12 ur	13,9 ure	12 ur	10,1 ure

GŠ	21. marec	21. junij	23. september	21. december
40°	12 ur	14,9 ure	12 ur	9,1 ure
50°	12 ur	16,3 ure	12 ur	7,7 ure
60°	12 ur	18,4 ure	12 ur	5,6 ure
70°	12 ur	2 meseca	12 ur	0 ur
80°	12 ur	4 meseci	12 ur	0 ur
90°	12 ur	6 mesecev	12 ur	0 ur

Letni časi južne poloble

Letni časi na južni polobli so inverzni letnim časom severne poloble. 21. junija se začne astronomska zima, 23. septembra pomlad, 21. decembra poletje in 21. marca jesen. Ker je Zemlja v začetku januarja bližje Soncu kot v začetku julija, dobi na zgornjo mejo atmosfere 3. januarja okoli 7 % več energije kakor 4. julija (Ahrens, 2005, str. 50). Iz tega bi lahko skleпали, da so poletja na južni polobli toplejša od poletij severne poloble. Vendar ni tako, ker večino južne poloble predstavljajo vodne površine (morja pokrivajo 81 % južne poloble in 61 % severne poloble). Višek energije, ki ga dobi južna polobla poleti zaradi večje bližine Sonca, se absorbira v večjem vodnem telesu, kjer se s konvekcijskim mešanjem in morskimi tokovi še dodatno prerazporedi. Zaradi tega so povprečne poletne (januarske) temperature južne poloble nižje od povprečnih poletnih (julijskih) temperatur severne poloble, kjer je več kopnih površin. Zaradi velike toplotne kapacitete vode pa so zime južne poloble milejše od zim severne poloble. Na splošno ima južna polobla bolj oceansko podnebje, z veliko manjšimi temperaturnimi amplitudami kot severna polobla (preglednica 3).

Preglednica 3: Povprečne temperature na Zemlji (Šegota in Filipčič, 1996, str. 88)

	Januar	Julij	Leto	Amplituda
S polobla	8,6 °C	22,4 °C	15,2 °C	13,8 °C
J polobla	17,5 °C	11,3 °C	13,3 °C	6,2 °C
Zemlja	13,0 °C	16,8 °C	14,3 °C	3,8 °C

Obe polobli se razlikujeta tudi v dolžini letnih časov. Ker kroži Zemlja okoli Sonca po eliptičnem tiru, je njena revolucijska hitrost večja (30,3 km/s), ko je v območju perihelija, to pa je v času zime severne poloble in manjša (29,3 km/s) v območju afelija (poletje severne poloble). Zaradi tega je obdobje med spomladanskim in jesenskim enakonočjem (topla polovica leta severne poloble) okoli 7 dni daljše od obdobja med jesenskim in spomladanskim enakonočjem (topla polovica leta južne poloble). To pomeni, da sta pomlad in poletje na severni polobli teden dni daljša od zime in jeseni ter hkrati teden dni daljša od pomladi in poletja na južni polobli. Krajša pomlad in poletje na južni polobli prav tako pripomoreta k zmanjšanju pomena več prejete energije Sončevega sevanja zaradi večje bližine Sonca.

Sklep

V prispevku je poudarek na razlagi toplotnih letnih časov, ki so posledica sezonskih sprememb dotoka energije Sončevega sevanja zaradi kroženja Zemlje okoli Sonca, nagnjenosti Zemljine rotacijske osi in dejstva, da se nagib in smer nagiba osi pri kroženju okoli Sonca ne spreminjata. Poleg

našteti astronomski dejavniki se Sončevo obsevanje Zemljinega površja spreminja tudi v odvisnosti od atmosferskih in terestričnih dejavnikov. Od atmosferskih poudarjamo pomen oblačnosti. Nekateri predeli sveta imajo zaradi prevlade procesov dviganja zraka več oblačnega vremena (npr. območje intertropske konvergenčne cone in frontogenetska območja), drugi pa zaradi prevladujočega grezanja zraka (območja subtropskih anticiklonov) več jasnega vremena, zato prejmejo več energije Sončevega sevanja. Med terestričnimi sta pomembna albedo in relief. Albedo narašča od ekvatorialnih predelov, kjer je veliko morja in gozdnih površin in je Sonce visoko nad obzorjem, proti polarnim predelom, kjer se veliko vpadlega sevanja odbije zaradi stalno zasneženih površin in s tem manj segreva površje in ozračje. Relief zelo modificira Sončevo obsevanje na lokalnem nivoju, tako z naklonom in ekspozicijo kot tudi z višino južnega dela obzorja. Na severni polobli so ugodna prisojna (južna) pobočja z nakloni, ki so pravokotni na smer Sončevega obsevanja, južno obzorje, po katerem potekajo poti Sonca, pa mora biti nizko, da ne nastaja zasenčenost. Višina južnega dela obzorja je pomembnejša v zimski polovici leta, ko je Sonce nizko nad obzorjem. Tedaj so lahko globoke doline in kraške depresije dlje časa brez neposrednega Sončevega sevanja. Tako je npr. vas Čezsoča na Bovškem pozimi okoli tri mesece v senci Polovnika.

Viri in literatura

1. Ahrens C. D., 2005, *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*, Thomson Brooks/Cole, 473 str.
2. Ahrens C. D., Samson P., 2011, *Extreme Weather and Climate*, Brooks/Cole, 508 str.
3. Avsec F., Prosen M., 1993, *Astronomija za 4. razred gimnazije*, Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, Ljubljana, 176 str.
4. Carbone G., 2007, *Exercises for Weather and Climate*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, 204 str.
5. *Climate of Slovenia*, 1996, Ur.: Cegnar T., Ministry of Environment and Physical Planning, Hidrometeorological Institut of Slovenia, Ljubljana, 70 str.
6. Hidore J. J., Oliver J. E., Snow M., Snow R., 2010, *Climatology, An Atmospheric Science*, Prentice Hall, 385 str.
7. Lovrenčak F., 1996, *Matematična geografija*, Oddelek za geografijo FF UL, 266 str.
8. Moran J.M., Morgan M.D., 1997, *Meteorology – The Atmosphere and the Science of Weather*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 530 str.
9. Müller M. J., 1983, *Handbuch Ausgewählter klimastationen der Erde*, Trier, 400 str.
10. Naše nebo 2012, *Astronomske efemeride*, letnik 65, Oddelek za fiziko FMF in DMFA – založništvo, Ljubljana, 75 str.
11. Ogrin D., 2007, *Olive growing in Slovenian Istria and climatic limitations to its development*, *Moravian Geographical Report* 15-3, Brno, str. 34–40.
12. Resnik Planinc T., 2002, *Vrednotenje zahtevnejših geografskih učnih vsebin na vseh ravneh izobraževanja*, *Dela* 18, *Geografija in njene aplikativne možnosti*, Oddelek za geografijo FF UL, Ljubljana, str. 333–347.
13. Strahler A.I., Strahler A.R., 2000, *Introducing Physical Geography*. Wiley, New York, 575 str.
14. Šegota T., Filipčić A., 1996, *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb, 471 str.