

Vremenske zone



Franka Miriam Brueckler, Zagreb

Koliko je točno sati?

Vjerujem da ste pročitavši gornje pitanje bacili pogled na mobitel, ekran, ručni sat (ili možda zidni), ali sam i prilično sigurna da vam nije palo na pamet prvo postaviti protupitanje “A gdje to?”.

Za razliku od nekoliko desetljeća ranije danas lako, s par “klikova”, saznajemo koliko je sati na bilo kojem mjestu na kugli zemaljskoj. Na prvi pogled može se stoga činiti da matematika vremenskih zona ima samo povijesno značenje, eventualno kao primjer primjene matematike. No, svatko tko je malo više putovao (ili komunicirao s prijateljima iz dalekih zemalja) susreo se s problemom vremenske razlike te je bar u glavi oduzimao vremena da vidi koliko ranije ili kasnije je primjereno nazvati, koliko više ili manje će spavati ako legne u uobičajeno vrijeme, ali na drugom mjestu. Nemalo je osoba, nadam se, koji su se i zapitali zašto je primjerice razlika između vremena u Zagrebu i Istanbulu ljeti točno 1 sat, a ne, recimo, sat i petnaest minuta. Možda ste vidjeli i slike poput slike 1 s prikazima

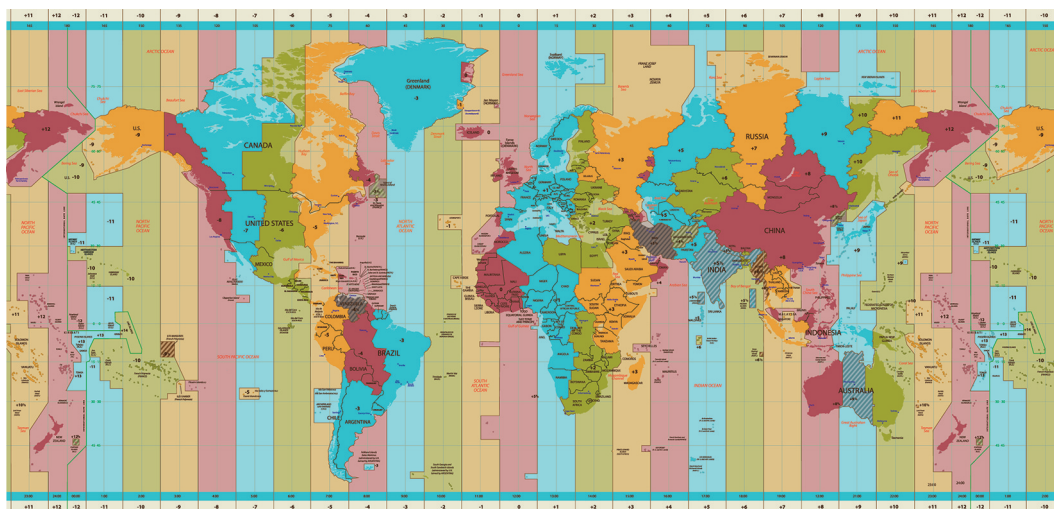
vremenskih zona i zapitali se kako su definirani vremenski pojasevi.

U našem prvom članku iz nove serije u kojoj povežemo matematiku s temom putovanja, opisat ćemo osnove matematike vremenskih zona. Još od davnina, čak i prije nego su utvrdili da je Zemlja okrugla, ljudi su primijetili da na istoku Sunce ranije izlazi i zalazi nego na zapadu. Ako se putuje prema istoku, činit će nam se kao da se Sunce diže, a ako se putuje prema zapadu, činit će se da je Sunce sve niže na nebu. Očito dakle na liniji istok-zapad nisu svuda ista vremena. Kad smo shvatili da je Zemlja okrugla¹, shvatili smo i da kad je kod nas dan, negdje drugdje je noć. To je prirodno dovelo do pitanja: Ako je kod mene podne, koliko sati je sad (ili za koliko sati će biti podne) u mjestu kamo putujem?

Od 1961. dogovoren je vremenski standard kako bi satovi i vremena na cijelom svijetu bili usklađeni. To je **UTC** (koordinirano svjetsko vrijeme), temeljen na međunarodnom atomskom vremenu kojim se precizira mjerenje protjecanja vremena. Temelj

doc. dr. sc. Franka Miriam Brueckler, Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet, Matematički odsjek, bruckler@math.hr

¹ To je bilo poznato još antičkim Grcima. Najstariji poznati argumenti za kuglasti oblik Zemlje potječu od Aristotela (4. st. pr. Kr.).



Slika 1. Vremenske zone.

UTC-a je solarni dan. Solarni dan je jedinica vremena definirana kao vrijeme koje je potrebno da se Zemlja jednom potpuno okrene oko svoje osi, dakle vrijeme potrebno od sadašnjeg trenutka do sutrašnjeg trenutka kad je Sunce na istoj poziciji² na nebu u odnosu na promatrača. Ono što je dugo vremena bio glavni problem u usklađivanju vremena među različitim mjestima na Zemlji, ali i među raznim datumima unutar jednog mjesta, jest da solarni dan nema fiksirano trajanje, već ono varira tijekom godine. Drukčije rečeno, ako bismo za mjerenje vremena upotrijebili sunčani sat, stvarno bi trajanje dana variralo. Stoga je u UTC-u trajanje dana definirano kao **prosječni solarni dan** u trajanju od točno 24 sata³.

Ako smo tako dogovorili, osigurali smo jednolik tijek vremena na satovima širom svijeta. Sad u igru ulazi **geografska dužina**⁴ kojom se opisuje pomak na istok ili zapad u odnosu na početni meridijan⁵, koji je na 0° geografske dužine.

Budući da jedan puni krug ima 360° , ideja vremenskih zona nije definiranje stvarnog lokalnog vremena, već se 24 sata jednoliko rasporede tako da

razlika susjednih vremenskih zona bude po 1 sat.

Budući da je $\frac{360}{24} = 15$, svaka vremenska zona u teoriji zauzima raspon od 15° geografske dužine. Dakle, ako znamo da je Zagreb na otprilike 16° istočne geografske dužine, a New York na otprilike 74° zapadne geografske dužine, razlika geografske dužine je $(15 + 74)^\circ = 89^\circ$, što je približno $6 \cdot 15^\circ$, dakle već ovako zaključujemo da je razlika vremena koje pokazuje sat u New Yorku i vremena koje pokazuje sat u Zagrebu otprilike 6 sati.

Nadalje, budući da putovanjem na istok prividno dobivamo vrijeme, putovanjem na zapad prividno gubimo vrijeme. Dogovor je da se u odnosu na UTC vrijeme početnog meridijana vremenska razlika pribraja ako je mjesto istočno, a oduzima ako je zapadno od tog meridijana. Umjesto da gledamo puni krug od početnog meridijana, gledamo po pola kruga, odnosno po 180° na istok i zapad od njega. Budući da je New York zapadno od Zagreba (i to manje od 180° u smjeru zapada), zaključujemo da ona vremenska razlika ide s predznakom minus, tj. za vrijeme u New Yorku trebalo bi oduzeti 6 sati od vremena u Zagrebu. Primjerice, ako je u Za-

² Misli se na meridijansku poziciju, tj. orijentaciju istok-zapad.

³ Jedan sat sastoji se od 3600 sekundi, a jedna sekunda definira se kao "trajanje od 9 192 631 770 perioda zračenja koje odgovara prijelazu između dviju hiperfinskih razina osnovnog stanja atoma cezija-133".

⁴ Više o geografskim koordinatama u nekom sljedećem nastavku ove serije.

⁵ Prema trenutnoj konvenciji, to je tzv. IERS referentni meridijan, vrlo blizu, ali malo različit od Greenwichkog meridijana.

grebu blizu podne, u New Yorku je blizu 6 ujutro. Provjerimo na slici 1 da smo u pravu: Zagreb je u prvoj istočnoj (+1) zoni u odnosu na nultu UTC zonu, a New York u petoj zapadnoj (−5). Budući da je $+1 - (-5) = 6$, vremenska razlika je stvarno 6 sati.

E sad, kao što je očito sa slike 1, pojasevi pojedinih vremenskih zona nisu sasvim ravni, tj. nisu široki precizno po 15° geografske dužine. Razlozi su razni i praktične prirode. Među najvažnijima je taj da ako je neka država tek malo "šira" od 15° , svejedno je čitava država u jednoj zoni. Primjerice, raspon između najzapadnije i najistočnije točke Turske⁶ je oko 19° , ali je čitava Turska u jednoj zoni.

Naravno, treba nešto reći i o međunarodnoj datumskoj granici. Naime, ako bismo dodavali sate zonu po zonu prema istoku, odnosno oduzimali zonu po zonu prema zapadu, prije ili kasnije prešli bismo 24 sata, odnosno "dodali" bismo ili pak "izgubili" jedan dan. Da do toga ne dođe, dogovoreno je da se međunarodna datumska granica nalazi na granici vremenskih zona UTC+12 i UTC-12. Stoga se pri prelasku te granice s istoka prema zapadu, primjerice od Howlandova prema Marshallovu otočju, treba sat vratiti za 1 unazad i datum povećati za 1 (npr., prije prelaska imate 21. 5. u 8:15, nakon prelaska je 22. 5. u 7:15). Pri prelasku od zapada prema istoku radi se obrnuto, oduzima 1 dan, a dodaje 1 sat (prije prelaska 21. 5. u 8:15 postao bi poslije prelaska 20. 5. u 9:15).

Vezano za našu temu, tj. vezu matematike i putovanja, a uzevši u obzir da iako je svakako dobro znati, malo tko će u svakodnevici stvarno računati vremensku razliku do određenog mjesta umjesto da jednostavno na internetu provjeri vremena. Kao konkretne primjere razmotrit ćemo dvije zrakoplovne karte. Međunarodni standard je da se vremena polijetanja i slijetanja navode u lokalnom vremenu.

1. Netko je kupio povratnu kartu Zagreb – Istanbul. Iz Zagreba za Istanbul leti 20. 3. s polaskom u 9:15 i slijetanjem u 13:25, a iz Istanbula za Zagreb

leti 5. 4. s polaskom u 18:20 i slijetanjem u 19:25. Kako je moguće da u jednom smjeru let traje više od 4 sata, a u povratku tek nekih sat vremena? Dio odgovora je u vremenskim zonama, a dio je vezan za tzv. ljetno računanje vremena. Naime, u Turskoj se ne upotrebljava ljetno i zimsko računanje vremena, već je 2018. godine definirano da se iz "ljetnog" više ne vraćaju na "zimsko", tj. cijelu godinu su u UTC-zoni +3⁷. S druge strane, u Hrvatskoj se krajem ožujka satovi pomiču za 1 sat unaprijed, da bi se krajem listopada vraćali 1 sat unatrag na vrijeme koje odgovara zagrebačkoj vremenskoj zoni prema UTC-u. Budući da u navedenom primjeru let za Istanbul ide u doba kad je u obje države vrijeme u skladu s UTC-zonama (Zagreb zona +1 i Istanbul zona +3), 2 od onih 4 sata leta su čista vremenska razlika, tj. let traje oko 2 sata. S druge strane, pri povratku u Zagrebu nastupit će ljetno računanje vremena. Stoga je u trenutku polijetanja u Istanbulu 18:20, ali u Zagrebu nije 18:20, nego 17:20 (za vrijeme ljetnog računanja vremena Zagreb prividno iz zone +1 prelazi u zonu $+1 - 1 = 0$) tako da let opet traje oko 2 sata.

2. Na karti Frankfurt – Singapur piše: Polijetanje 3. 12. u 21:55, slijetanje 4. 12. u 17:00. Singapur uopće nema ljetno računanje vremena i nalazi se u vremenskoj zoni UTC+8, a u prosincu ni u Frankfurtu nema ljetnog računanja vremena, te je na navedene datume Frankfurt normalno u zoni UTC+1. Dakle, vremenska razlika na ovom letu je +7 sati, odnosno u trenutku polijetanja u Singapur, nije 21:55, već 4:55 ujutro sljedećeg dana. Stoga let traje oko 12 sati, a ne kako bi se netko mogao prepasti 19 sati.

LITERATURA

- 1/ Math.net, *Time-zone*, <https://www.math.net/time-zone>
- 2/ M. Römer, K. Charon, *Mathe-Lernumgebungen: Zeit-zonen*, https://www.aol-verlag.de/media/ntx/aol/sample/10260DA4_Musterseite.pdf

⁶ Za razne geografske podatke poput ovih upućujemo na web-stranicu <https://www.worldatlas.com/>

⁷ Uočimo da bi račun kakav smo proveli za New York primijenjen na Istanbul, koji je 13° istočnije od Zagreba, dao razliku +1 u smislu vremenskih zona, a zapravo je zbog navedenog razlika +2.