

SONČNE URE

Uvod

Sončna ura ni samo instrument, ki odseva spoznanje človeka o Zemlji in vesoljstvu ter ponazarja vrtenje Zemlje okoli njene osi (s smerjo sence) in gibanje Zemlje okoli Sonca (z dolžino sence). Zanimiva je tudi kot likovna tvorba, ki ponazarja kulturo in filozofijo dobe in kraja, kjer je nastala.

Konstrukcija sončne ure zahteva matematično, astronomsko, kartografsko in še kakšno znanje. Če kje vidimo sončno uro (ki pravilno kaže), to pomeni, da je bil tam človek, ki je imel vsa ta znanja! Ta človek pa je izšel iz nekega okolja. To pomeni, da je sončna ura znak kulture!

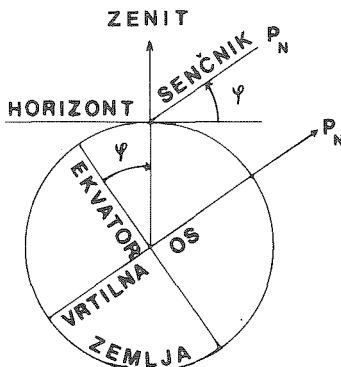
Sončne ure so preproste priprave za merjenje časa. Že v starih časih je lega sence, ki jo meče od Sonca obsijani predmet na neko ploskev, rabila za določanje časa. Za predmet, ki meče senco (senčnik), se je običajno uporabljala ravna palica ali raven rob kakega predmeta.

Najstarejša priprava te vrste je bil gnomon, tj. navpična, na vodoravno ravnino postavljena palica (steber).

Smer sence, ki jo meče gnomon, pa ni odvisna samo od dnevnega, ampak tudi od letnega časa, tj. od deklinacije Sonca. Če hočemo, da bo smer sence neodvisna od letnega časa, tj. da bo ista ob istem trenutku t.i. pravega Sončevega časa (ki ga sončna ura kaže), in sicer vse leto, mora biti senčnik vzporeden z vrtilno osjo Zemlje. To dosežemo tako, da ga postavimo v ravnino krajevnega meridijana in nagnemo proti horizontu za kot φ geografske širine. Tako je senčnik usmerjen proti tistemu nebesnemu polu P na nebesni kroglji - severnemu (N) oziroma južnemu (S) - ki je nad horizontom kraja, kjer je sončna ura postavljena. Slika 1 je načrtana za severno geografsko širino.

Ploskev, na katero meče senčnik senco, je lahko ravna ali kriva. Največkrat je ravna (= ravnina sončne ure), njena lega v prostoru je načeloma poljubna.

Senca, ki jo meče na opisani način orientirani senčnik na ravnino sončne ure, pomeni kazalec sončne ure. Z njim neposredno odčitamo čas na številčnici, ki je vrisana na ravnino sončne ure. Številčnica pomeni šop poltrakov (žarkov), ki izhajajo iz točke, v kateri senčnik prebode ravnino sončne ure. Žarke (v nadaljnjem besedilu: časovne linije) odštevilčimo po posameznih urah (in delih ur) časa, ki ga kaže sončna ura.



Slika 1

* 61000 Ljubljana, YU, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo; dr. nar. znanosti. Prispelo za objavo: 1987-01-30.

Kakšen čas pa kaže sončna ura? Rekli smo že, da kaže sončna ura t.i. pravi Sončev čas, in ne srednjeevropskega oziroma tistega, ki ga kažejo naše (mehanične, digitalne) ure. Pravi Sončev čas je definiran kot časovni kot t Sonca, spremljen za 12 ur: $P = t + 12^h$.

Tu je treba osvežiti nekaj astronomskih pojmov.

Pravo poldne nastopi ob zgornjem prehodu Sonca čez krajevni meridian. Tedaj je časovni kot Sonca nič, pravi Sončev čas znaša 12^h : $P = 12^h$. Prava polnoč nastopi ob spodnjem prehodu Sonca čez krajevni meridian, časovni kot je tedaj 12^h , pravi sončev čas je torej 24^h (0^h).

Trenutek pravega poldneva ($P = 12^h$), izražen v srednjeevropskem času, je odvisen od geografske dolžine λ kraja, kjer je postavljena sončna ura, in od datuma, saj se ta trenutek med letom tudi na isti geografski dolžini spreminja. Za dano geografsko dolžino in dani datum lahko ta trenutek izračunamo, v pasu srednjeevropskega časa po obrazcu (14) oz. (15). Ob tem trenutku mora kazati sončna ura 12^h pravega sončnega časa: $P = 12^h$, uro kasneje (prej) pa 13^h (11^h) pravega sončevega časa itd. Zadržanja trditve ni popolnoma stroga, je pa dovolj stroga z ozirom na majhno natančnost sončne ure. Trenutek pravega poldneva nastopa v Sloveniji ($+ 13,5^\circ < \lambda < + 16,5^\circ$) vsako leto med $11^h 38^m$ in $12^h 20^m$ srednjeevropskega časa, v Jugoslaviji ($+ 13,5^\circ < \lambda < + 23,0^\circ$) pa med $11^h 12^m$ in $12^h 20^m$ istega časa.

Razlika med pravim Sončevim in srednjeevropskim časom se med letom na isti geografski dolžini iz dneva v dan spreminja in jo je mogoče izračunati po obrazcu (16). Vzroka za to spreminjanje sta dva. Prvi je nagib ($\sim 66,5^\circ$) vrtilne osi Zemlje nasproti ravnini, v kateri se Zemlja giblje okoli Sonca, drugi pa je neenakomerno gibanje Zemlje okoli Sonca po elipsi v skladu z 2. Keplerjevimi zakonom. Pravi Sončev čas torej tudi ne poteka popolnoma enakomerno. Časovno razdobje med enim in naslednjim pravim poldnevom (= pravi Sončev dan) se zato med letom spreminja. Razlika med najdaljšim in najkrajšim pravim Sončevim dnevom med letom znaša približno 50^s .

V nadaljnjem besedilu obravnavamo sončne ure s senčnikom in sicer tiste, pri katerih pada senca na (poljubno) ravnino. Posebej obravnavamo izračun in konstrukcijo sončne ure na (poljubni) navpični steni (zidu), saj so takšne sončne ure najbolj pogostne.

Teorija in vrste sončnih ur

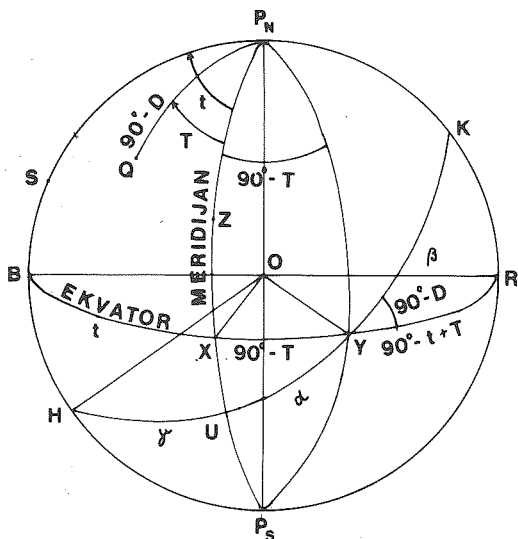
Na slikah 2 in 3 imajo simboli te pomene.

- σ središče nebesne krogle;
- P_N severni nebesni pol;
- P_S južni nebesni pol;
- BXYR nebesni ekvator;
- P_NSBP_S časovni krog Sonca S;
- B in R diametralni točki, v katerih se sekata časovni krog Sonca in nebesni ekvator;
- HUYK (veliki) krog sončne ure, v katerem ravnina sončne ure seka nebesno kroglo;
- H in K diametralni točki, v katerih se sekata časovni krog Sonca in krog sončne ure;
- Z zenit kraja, kjer je sončna ura;
- X točka, v kateri krajevni meridian seka nebesni ekvator in ki je za manj kot 90° oddaljena od zenita Z;

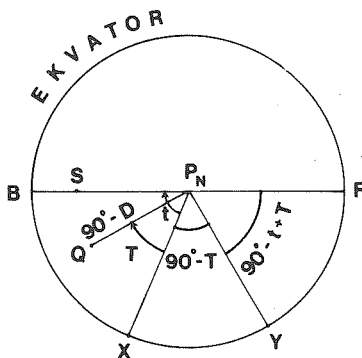
$P_N X P_S$ (krajevni) meridian;

Q pol (velikega kroga sončne ure = pol sončne ure.

Pol Q sončne ure določa tista stran ravnine sončne ure, na katero sije Sonce, torej tista stran, na kateri bo konstruirana številčnica. Na to stran pravokotno postavimo - v središču O - poltrak, usmerjen navzven, iz ravnine. Ta poltrak prebode nebesno kroglo v točki = polu Q sončne ure.



Slika 2



Slika 3

D, T deklinacija in časovni kot pola Q sončne ure;

$\angle P_N Q = 90^\circ - D$ komplement deklinacije pola Q;

$t = XB$ časovni kot Sonca;

Y eno izmed obeh (diametralnih) presečišč ekvatorja in kroga sončne ure, in sicer tisto, ki je absolutno za manj kot 90° oddaljeno od točke X.

Ravnina ekvatorja in ravnina sončne ure se sekata vzdolž QY.

Ravnina meridijana seka ravnino ekvatorja vzdolž OX, ravnino sončne ure pa vzdolž OU.

Ravnina časovnega kroga seka ravnino sončne ure vzdolž OH.

Na sliki 2 je senčnik poltrak QP_N , ki stoji pravokotno na ravnino ekvatorja. Poltrak je usmerjen proti tistemu nebesnemu polu, ki leži nad horizontom kraja, kjer je sončna ura postavljena. Predpostavimo, da je to severni nebesni pol P_N .

Za točke B, X, Y in R na ekvatorju velja (iz slike):

$BX = t$; $XY = 90^\circ - T$ in $YR = 90^\circ - t + T$. Točki B in R sta namreč diametralni točki in njuna sferna razdalja znaša 180° .

Za točke H, U, Y in K na krogu sončne ure pišimo

$$HU = \gamma; \quad UY = \alpha; \quad YK = \beta$$

Točki H in K sta diametralni, zato velja

$$(1) \quad \alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

Očitno je γ kot, ki ga tvori smer sence ob pravem sončevem času $P = t + 12^h$ s smerjo, ki ustreza pravemu sončnemu poldnevu ($P = 12^h$, $t = 0^h$).

Kot γ je funkcija časovnega kota t Sonca oziroma pravega sončevega časa ($P = t + 12^h$) ter konstant D in T sončne ure;

$$(2) \quad \gamma = \gamma(t, D, T)$$

Poiščimo to zvezo!

V pravokotnem sfernem trikotniku UXY velja po Napierjevem pravilu: $\cos(90^\circ - D) = \text{ctg} \alpha \cdot \text{ctg} T$, torej

$$(3) \quad \text{tg} \alpha = \frac{\text{ctg} T}{\sin D}$$

Dalje velja v pravokotnem sfernem trikotniku KRY po istem pravilu:

$$(4) \quad \text{tg} \beta = \frac{\text{ctg}(t - T)}{\sin D}$$

Z ozirom na (1) velja:

$$\text{tg} \gamma = -\text{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\text{tg} \alpha + \text{tg} \beta}{\text{tg} \alpha \cdot \text{tg} \beta - 1}$$

Če vstavimo (3) in (4) v zgornjo zvezo, dobimo po nekaj preobrazbah iskano zvezo:

$$(5) \quad \text{tg} \gamma = \frac{\sin D \cdot \sin t}{\cos t + \cos^2 D \cdot \sin T \cdot \sin(t - T)}$$

Zveza (2) ima torej konkretno obliko (5). Po tej zvezi lahko izračunamo številčnico na ravnini sončne ure, največkrat za okrogle vrednosti časovnega kota, npr. za $t = \pm 1^h$, $\pm 2^h$ itd.

Oblika (5) je splošna oblika. Lego ravnine sončne ure določata koordinati (=konstanti) D in T pola te ravnine.

V praksi ravnina sončne ure nima nikoli popolnoma splošne lege, ampak je:

- vzporedna ravnini nebesnega ekvatorja (ekvatorialna sončna ura),
- vodoravna (vodoravna sončna ura),
- navpična (navpična sončna ura).

Ekvatorialna sončna ura

Pri ekvatorialni sončni uri je njena ravnina vzporedna z ravnino nebesnega ekvatorja. Pol Q te ravnine se ujema v tem primeru s (severnim) ne-

besnim polom P_N . Časovni kot T pola Q je torej nedoločen, njegova deklinacija pa znaša 90° : $D = 90^\circ$.

Iz (5) potem sledi za ta primer: $\text{tg } \varphi^* = \text{tg } t$, torej

$$(6) \quad \varphi^* = t$$

Razdelitev številčnice je torej pri ekvatorialni sončni uri enakomerna in znaša 15° za vsako uro pravega Sončevega časa.

Vodoravna sončna ura

Pri vodoravni sončni uri je njena ravnina vodoravna. Pol Q ravnine sončne ure se ujema v tem primeru z zenitom. Deklinacija zenita je enaka geografski širini φ kraja, kjer je sončna ura postavljena, časovni kot zenita pa je nič:

$D = \varphi$, $T = 0$. Za ta primer imamo potem iz (5):

$$(7) \quad \text{tg } \varphi^* = \sin \varphi \cdot \text{tg } t$$

Na tečajih Zemlje ($\varphi = \pm 90^\circ$) je vodoravna sončna ura tudi ekvatorialna, saj se na tečajih nebesni pol in zenit ujemata, ravnini horizonta in ekvatorja sta torej vzporedni.

Iz (7) res sledi za $\varphi = \pm 90^\circ$: $\varphi^* = \pm t$. Pozitivni predznak velja za severni tečaj Zemlje (Sonce se giblje od opazovalčeve leve proti desni), negativni predznak pa za južni tečaj (Sonce se giblje od desne proti levi).

Krajevni meridian na tečajih ni definiran, prav tako ne časovni kot. Trenutek pravega poldneva izberemo zato poljubno, običajno storimo to po krajevem času meridianana skozi Greenwich.

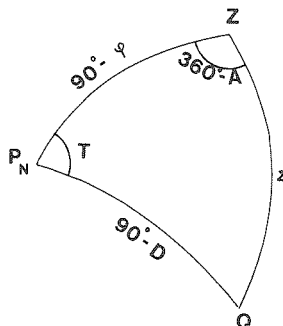
Za ekvator Zemlje ($\varphi = 0^\circ$) sledi iz (7), da je $\varphi^* = 0^\circ$ za vsak časovni kot. Senčnik leži v tem primeru vodoravno, in sicer v sami ravnini sončne ure ali pa nad njo. V prvem primeru sončna ura ne kaže ničesar, v drugem pa je smer sence res vzporedna s poldnevnicco, in sicer za vsak časovni kot.

Navpična sončna ura

Ravnina sončne ure je največkrat navpična (npr. stena hiše). V tem primeru leži pol Q te ravnine v horizontu in ima azimut npr. A . Azimut štejemo od smeri proti severu (kjer znaša 0°) v sourni smeri. Zenitna razdalja pola znaša v tem primeru vedno 90° .

Deklinacija D in časovni kot T pola Q sta odvisna potem od geografske širine φ in od azimuta A pola Q .

V sfernem trikotniku: severni nebesni pol P_N - zenit Z - pol Q , veljajo te znane zvezne sferne trigonometrije:



Slika 4

$$\begin{aligned} \sin D &= \cos z \cdot \sin \varphi + \sin z \cdot \cos \varphi \cdot \cos A \\ \cos D \cdot \cos T &= \cos z \cdot \cos \varphi - \sin z \cdot \sin \varphi \cdot \cos A \\ \cos D \cdot \sin T &= -\sin z \cdot \sin A \end{aligned}$$

Če tu postavimo: $z = 90^\circ$, imamo

$$\begin{aligned} \sin D &= \cos \varphi \cdot \cos A \\ (8) \quad \cos D \cdot \cos T &= -\sin \varphi \cdot \cos A \\ \cos D \cdot \sin T &= -\sin A \end{aligned}$$

Če vstavimo izraze (8) v (5), dobimo po daljšem izvajanju izraz za navpično sončno uro

$$(9) \quad \text{ctg } \varphi = \sin A \cdot \text{tg } \varphi + \cos A \cdot \text{sec } \varphi \cdot \text{ctg } T$$

Vzemimo še, da leži navpična stena natančno v smeri vzhod-zahod, torej da se ujema z ravnino prvega vertikala. Če je stena južna, znaša azimut njenega pola 180° , če je stena severna, pa 0° . Za oba primera dobimo potem iz (9):

$$(10) \quad \text{tg } \varphi = \mp \text{tg } t \cdot \cos \varphi$$

Zgornji predznak velja za južno, spodnji pa za severno steno.

Primer bomo v praksi komaj srečali, saj skoraj ni hiše s steno, ki bi potekala natančno v smeri vzhod-zahod.

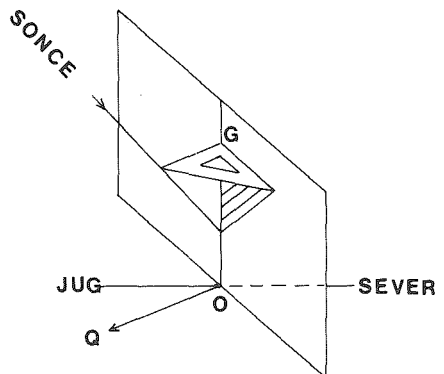
Po obrazcu (9) oziroma (10) lahko dobimo tudi negativne vrednosti za kote φ . Koti φ , ki ustrezajo popoldanskim uram, imajo negativni predznak, tisti, ki ustrezajo dopoldanskim uram, pa pozitivnega. Kote z negativnim predznakom nanašamo desno, tiste s pozitivnim predznakom pa levo od navpičnice na številčnici sončne ure. Navpičnica predstavlja 12^{h} pravega sončevega časa.

Določitev in izračun azimuta navpične stene; izračun številčnice

Azimut navpične stene je določen z azimutom A pola Q te stene. Določiti ga moremo na več načinov: geodetsko, astronomsko, geodetsko-astronomsko in s kompasom.

V nadaljevanju obravnavamo astronomski način, ki je za naš namen dovolj natančen in za amaterja še najlažje izvedljiv.

V točki G stene - kjer bo pritrjen senčnik sončne ure - načrtamo navpičnico OG. Za natančnost, ki jo daje sončna ura, zadostuje, če to napravimo z grezilom. Na navpičnico postavimo risalni trikotnik s pravim kotom na navpičnici (slika 5). Trikotnik naj leži vsaj približno vodoravno. Opazujemo senco, ki jo meče na steno pravokotna stranica trikotnika. V trenutku, ko leži ta senca na navpičnici OG, zabeležimo srednjeevropski čas (=SEČ). Očitno je v tem trenutku azimut Sonca enak azimutu A pola Q stene.



Slika 5

Azimet A lahko izračunamo iz trenutka v srednjeevropskem času (SEČ), koordinat Sonca v tem trenutku in geografskih koordinat kraja, kjer je sončna ura postavljena. Potrebujemo torej astronomski koledar za tekoče leto (koordinate Sonca!), geografski koordinati pa dobimo dovolj natančno iz primerne geografske karte.

Časovni kot Sonca v trenutku SEČ srednjeevropskega časa in na meridianu dobimo - v pasu srednjeevropskega časa - po obrazcu

$$(11) \quad t = \text{SEČ} + E - (1^h - \lambda) \text{ oziroma po obrazcu}$$

$$(12) \quad t = \text{SEČ} + (e + 12^h) - (1^h - \lambda)$$

Tu pomeni količina e t.i. časovno izenačenje, ki je razlika med pravim in srednjim Sončevim časom. Količino e dobimo iz astronomskega koledarja z interpolacijo za ustrezeni dan (in uro). Količina E je za 12^h povečano časovno izenačenje: $E = e + 12^h$. Geografsko dolžino λ jemljemo za vse kraje vzhodno od Greenwicha s pozitivnim predznakom. To pomeni, da imajo vsi kraji v naši državi pozitivne geografske dolžine! Geografsko dolžino štejemo največkrat v urah, časovnih minutah in sekundah $360^\circ = 24^h$.

V astronomskem trikotniku: severni nebesni pol - zenit - Sonce veljata ti osnovni zvezi sferne trigonometrije

$$\begin{aligned} \sin z \cdot \sin A &= -\cos \delta \cdot \sin t \\ \sin z \cdot \cos A &= \cos \varphi \cdot \sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \end{aligned}$$

Tu pomenijo: z in A zenitno razdaljo in azimet Sonca, δ deklinacijo Sonca (dobimo iz astronomskega koledarja), t časovni kot Sonca in φ geografsko širino (dobimo iz geografske karte).

Z deljenjem zgornjih obrazcev dobimo za izračun azimuta

$$(13) \quad \text{tg } A = - \frac{\sin t \cdot \cos \delta}{\cos \varphi \cdot \sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t}$$

Kvadrant, v katerem leži kot A , določimo s pomočjo predznaka $\text{tg } A$ in iz dejstva, ali nastopi trenutek SEČ dopoldne (pred prehodom Sonca čez krajevni meridian) ali popoldne (po prehodu). V ta namen rabi preglednica:

Kvadrant azimuta

SEČ nastopi	$\text{tg } A > 0$	$\text{tg } A < 0$
dopoldne	I.	II.
popoldne	III.	IV.

Trenutek prehoda Sonca čez krajevni meridian z geografsko dolžino λ dobimo tako, da postavimo v (11) oziroma v (12) $t = 0$:

$$(14) \quad \text{SEČ}_{\text{prehod}} = -E + (1^h - \lambda)$$

$$(15) \quad \text{SEČ}_{\text{prehod}} = -(e + 12^h) + (1^h - \lambda)$$

Če smo po obrazcu (13) izračunali azimet A pola Q navpične stene, moramo po obrazcu (9) izračunati kote γ in načrtati številčnico. Izračun naredimo za okrogle vrednosti časovnega kota oziroma pravega Sončevega časa: $t = P - 12^h = \pm 1^h, \pm 2^h, \pm 3^h \dots$

ZGLED: Dne 26.5.1984 je ob srednjeevropskem času $\text{SEČ} = 10^h 13,8^m$ stalo Sonce v pravokotni smeri na neko navpično steno v Ljubljani ($\varphi = +46^\circ 2'$; $\lambda = +0^h 58,0^m$; $1^h - \lambda = +2,0^m$).

Izračunati je treba številčnico za navpično sončno uro na tej steni!

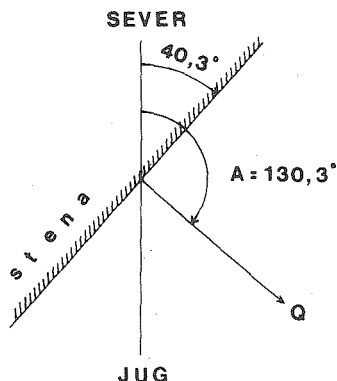
Iz astronomskega koledarja za 1984 dobimo z interpolacijo za sredino danega datuma:

Interpolacija na sredino datuma zadostuje z ozirom na majhno natančnost sončne ure!

Časovni kot Sonca ob danem trenutku srednjeevropskega časa izračunamo po obrazcu (11) oziroma (12). Dobimo: $t = 22^h 14,8^m = 333^{\circ} 42'$.

Po (13) dobimo za azimut pola naše stene: $\text{tg } A = -1,17775$ in $A = 130^{\circ} 20' = 130,3^{\circ}$.

Po obrazcu (9) lahko sedaj izračunamo kote φ za izbrane (okrogle) vrednosti časovnega kota oziroma pravega Sončevega časa. Računajmo npr. od 5. ure ($P = 5^h$) do 14. ure pravega Sončevega časa za vsako celo uro. Račun da te vrednosti.



Slika 6

t	-7 ^h	-6 ^h	-5 ^h	-4 ^h	-3 ^h	-2 ^h	-1 ^h	0 ^h	1 ^h	2 ^h
P	5 ^h	6 ^h	7 ^h	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	12 ^h	13 ^h	14 ^h
φ	61,6°	51,7°	43,9°	37,0°	30,1°	22,6°	13,2°	0,0°	-20,4°	-50,5°

Trenutek prehoda Sonca čez meridian Ljubljane za datum 26.5.1984 lahko izračunamo z danimi podatki E oz. λ po obrazcu (14) oziroma (15). Dobimo: $\text{SEČ}_{\text{prehod}} = -12^h 1^m = 11^h 59^m$.

Z izračunanimi podatki moremo sedaj narisati številčnico. Za pravilno orientacijo senčnika uporabimo podatka: φ in $\text{SEČ}_{\text{prehod}}$. Ob izračunanem trenutku prehoda mora tega dne pasti senca na navpičnico, pravi Sončev čas znaša tedaj 12h.

Izdelava številčnice z nanašanjem lege sence

Kolikor se želimo izogniti računanju, lahko izdelamo številčnico sončne ure z neposrednim označevanjem lege sence ob izbranih okroglih trenutkih časovnega kota oziroma pravega Sončevega časa. Po obrazcu (11) oziroma (12) je treba le izračunati za datum, ko lego sence nanašamo, ustrezne trenutke v srednjeevropskem času. Senčnik pa mora biti v tem primeru poprej pravilno orientiran! Postopek zahteva seveda dosti časa.

Če v obrazcu (11) oziroma (12) postavimo: $t = P - 12^h$, dobimo zvezo med pravim Sončevim in srednjeevropskim časom (SEČ):

$$(16) \quad \text{SEČ} = P - 12^h - E + (1^h - \lambda) \text{ oziroma}$$

$$(17) \quad \text{SEČ} = P - e + (1^h - \lambda)$$

Količini E oziroma e se med letom iz dneva v dan spreminjata. Zato se trenutek SRČ srednjeevropskega časa, ki ustreza istemu pravemu Sončevemu času (oz. časovnemu kotu), med letom spreminja, velja torej le za izbrani datum!

ZGLEDE: Dne 24.3.1984 ($E = 11^h 53,8^m$) je na $\lambda = + 0^h 54,6^m$ znašal srednjeevropski čas npr. ob 10. uri pravega Sončevega časa ($P = 10^h$, $t = -2^h$): $\text{SEČ} = 10^h 11,6^m$.

Grafična konstrukcija številčnice

Zelo priljubljena je grafična konstrukcija številčnice, tj. posameznih časovnih linij sončne ure. V tem primeru računanja praktično ni, pri natančnem risanju je postopek dovolj natančen, izvedemo ga udobno v sobi in potem prenesemo na steno.

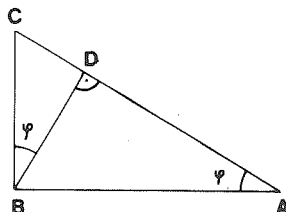
Za konstrukcijo moramo poznati geografsko širino φ in azimut pola stene.

V nadaljevanju obravnavamo grafično konstrukcijo številčnice navpične sončne ure s pomočjo konstrukcije za vodoravno sončno uro.

Postopek je razviden iz slik 7 in 8 ter iz razlage.

1. Na primerno velikem risalnem listu načrtamo dve pravokotni premici, njuno presečišče označimo s črko B. Na prvi (vodoravni) premici označimo (slika 8) vzhod in zahod, na pravokotnici pa sever in jug.

Izberimo primerno dolžino za daljico AB, npr. $AB = 100 \text{ mm}$, in izračunajmo daljici $BD = AB \cdot \sin \varphi$ in $BC = AB \cdot \text{tg } \varphi$. Daljici naneseemo na premico sever-jug in dobimo točki C in D. Sliki 7 in 8!

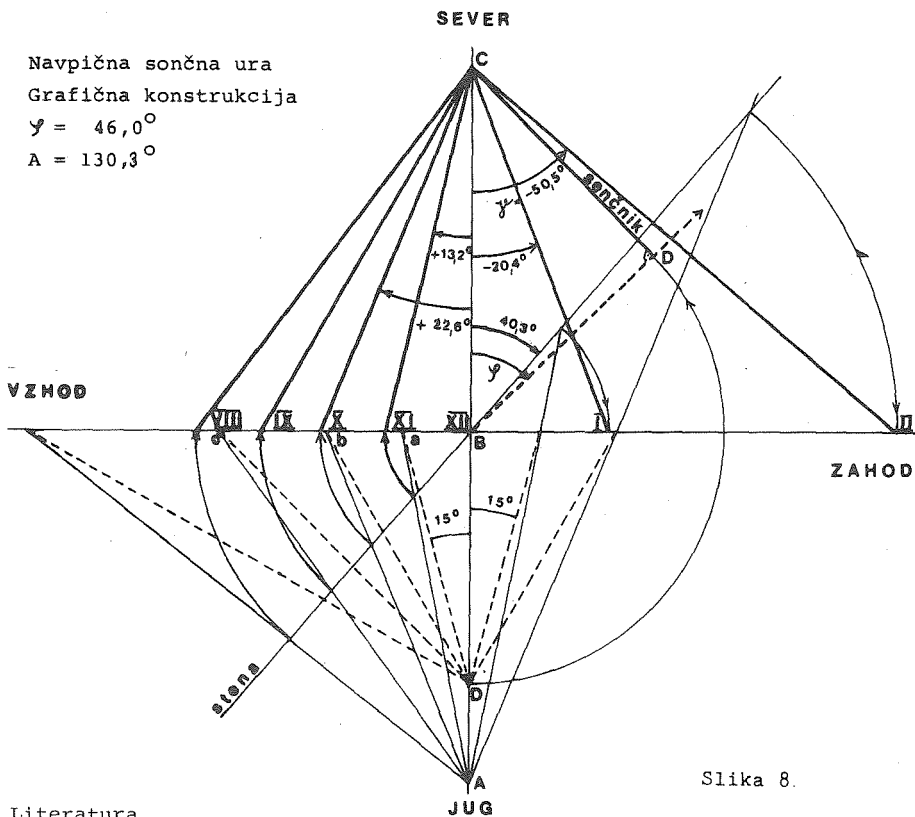


Slika 7

2. Konstrukcija številčnice za vodoravno sončno uro. Levo in desno od smeri DB načrtamo - z izhodiščem v točki D - poltrake na vsakih 15° . Poltraki sekajo premico vzhod-zahod v točkah a, b, c, ... Te točke povežemo s točko A in dobimo posamezne časovne linije za vodoravno sončno uro.
3. Konstrukcija številčnice za navpično sončno uro. Skozi točko B načrtamo pod ustreznim kotom (azimut pola stene je znan) premico, ki označuje steno, točneje tloris stene, tj. njen presek z vodoravno ravnino. Tloris stene seka posamezne časovne linije vodoravne sončne ure. Presečišča prenesemo s šestilom (zabodemo v B) na premico vzhod-zahod. Dobljene točke povežemo s točko C in dobimo časovne linije za navpično sončno uro.
4. Konstrukcija senčnika
V točki B naneseemo kot geografske širine φ in potegnemo poltrak (slika). Na poltrak naneseemo razdaljo $BD = AB \cdot \sin \varphi$. Dobimo novo točko D, ki jo zvežemo s C. Daljica CD pomeni senčnik.

Trikotnik BCD postavimo v ravnino krajevnega meridijana, daljica BC je navpična.

5. Številčnico sončne ure postavimo pravokotno na ravnino papirja (zasučeemo okoli premice vzhod-zahod za 90°), nato pa številčnico zasučeemo še okoli BC v ravnino (steno) sončne ure.



Literatura

1. L.M.Loske, Die Sonnenuhren, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959.
2. R.Sigl, Ebene und sphärische Trigonometrie, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1977.
3. B. Ševarlić-Z.Brkić, Opšta astronomija, Naučna knjiga, Beograd 1981.
4. K.Stumpff, Geographische Ortsbestimmungen, VEB Deutsche Verlag der Wissenschaften, Berlin 1955.
5. B.Kilar, Sončne ure, Proteus, 44(1982), 335-338.
6. B.Kilar, Vodoravna sončna ura, Proteus, 45(1982), 87-89.
7. B.Kilar, Približna določitev geografskih koordinat in azimuta, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana 1978.
8. B.Kilar, Sferna trigonometrija z uporabo v geodeziji, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana 1983.
9. Astronomičeski ežegodnik SSSR na 1984 god. Nauka, Leningrad 1981.
10. Naše nebo 1984 (Astronomske efemeride), Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS, Ljubljana 1983.