

OVISNOST SREDNJIH TEMPERATURA ZRAKA U SVIJETLOM DIJELU DANA O DNEVNOM SREDNJAKU I DRUGIM TEMPERATURNIM VELIČINAMA

Dependence of Mean Air Temperature during Daytime Light on Daily Mean and other Temperature Parameters

BRANKA MIKIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Primljeno 14. svibnja 1985., u konačnom obliku 12. rujna 1985.

Sažetak: Danji srednjaci temperature zraka (za period od izlaza do zalaza Sunca) za mjeseci siječanj, travanj, srpanj i listopad (1961–1980) na nekoliko lokaliteta u SR Hrvatskoj uspoređeni su s temperaturnim srednjacima koji se odnose na 24-satno razdoblje. Ustanovljeno je da su danji srednjaci temperature u promatranim mjesecima to veći od dnevnih srednjaka što su veće srednje dnevne amplitude temperature zraka. Statističkim metodama nađene su jednadžbe linearne i mnogostruke linearne regresije koje daju teoretske vrijednosti danjih srednjaka temperature zraka. Dobiveni su vrlo visoki koeficijenti korelacije. Zaključeno je da se danji srednjaci temperature mogu procjenjivati s velikom točnošću pomoću dnevnih srednjaka i pripadnih amplitude temperature zraka.

Ključne riječi: Dnevni srednjak temperature zraka; Danji srednjak temperature zraka; Dnevna amplituda temperature zraka; Linearne regresija; Mnogostruka linearne regresija.

Abstract: Mean daylight air temperatures (calculated for the period from sunrise to sunset) for mid-seasonal months (1961–1980) at several localities in Croatia are compared with the means obtained for the same months from 24 hour values of temperature. It is shown that daylight averages are greater than daily averages. Their differences are greater in cases with higher air temperature amplitudes. Using statistical methods, linear and multilinear regression equations, which give theoretical values of daylight temperature averages, are calculated. Great values of correlation coefficients are obtained. It is therefore concluded that daylight means air temperature can be estimated with high accuracy if daily means and corresponding air temperature amplitudes are known.

Key words: Daily mean air temperature; Daylight mean air temperature; Daily air temperature amplitude; Linear regression; Multilinear regression.

1. UVOD

Toplinsko stanje atmosfere prvenstveno se odražava u temperaturi zraka, čiji dnevni hod pri tlu neposredno ukazuje na dnevne promjene radijacijske bilance.

Temperatura zraka važan je element klime, a neki parametri temperaturnog režima, uz naoblaku, insolaciju, Sunčevo zračenje i vjetar, čine meteorološku podlogu neophodnu za ispitivanje mogućnosti izravnog korištenja Sunčeve energije.

Karakteristike temperaturnog režima nekog lokaliteta ili šireg područja opisuju se pomoću uobičajenih parametara: srednjih dnevnih temperatura zraka u 24-satnom periodu, ekstremnih vrijednosti, amplituda i različitih veličina koje su kombinacija ovih.

U svrhu ocjene klimatskog potencijala s aspekta opravdanosti izgradnje solarnih uređaja ukazala se potreba da se, pored ostalih relevantnih veličina, upoznaju i prosječne danje temperature zraka za vrijeme mogućeg trajanja sisanja Sunca. Te vrijednosti, koje bi se odnosile na period između izlaza i zalaza Sunca, nisu do sada,

koliko nam je poznato, kod nas određivane niti analizirane.

U našim geografskim širinama za dane „neporemećenog“ dnevnog hoda temperature, kad ne postoji jača horizontalna advekcija topline, s poslijepodnevnom maksimumom, srednja danja temperatura (samo u svijetlom dijelu dana) veća je od dnevnog temperaturnog srednjaka (onog koji se odnosi na 24-satni period). Tako ova veličina indirektno sadrži i informaciju o nastupima ekstrema i dnevnom kolebanju temperature zraka.

Pomoću poznatih vremena izlaza i zalaza Sunca na odgovarajućoj geografskoj širini određivani su iz satnih vrijednosti temperature mjesečni prosjeci danjih srednjaka temperature zraka t_d za svijetli dio dana. Od raspoloživih podataka korišteni su nadalje mjesečni prosjeci dnevnih srednjaka t_s dobiveni iz 24-satne vrijednosti temperature zraka, zatim mjesečni klimatološki srednjaci t_k , određivani poznatom formulom iz vrijednosti temperature zraka u 3 dnevna termina:

$$t_k = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4}$$

a pored toga i srednje dnevno kolebanje temperature zraka a_s prema satnim vrijednostima, kao i kolebanje a_k izvedeno iz terminskih mjerenja.

Osnovni rezultati ispitivanja ovisnosti danjih srednjaka temperature zraka o dnevnim srednjacima i o drugim temperaturnim veličinama prezentirani su u ovom radu na temelju analize 20-godišnjih podataka mjerenja temperature zraka (1961–1980) u četiri odabrana mjeseca (siječanj, travanj, srpanj i listopad) na 5 stanica smještenih duž Jadrana (Rab, Zadar, Hvar), u unutrašnjosti kontinentalnog dijela (Slavonski Brod) i na planinskom području (Zavižan) SR Hrvatske.

2. EMPIRIČKE RAZLIKE DANJIH TEMPERATURNIH SREDNJAKA t_d I DNEVNIH t_s

Osnovna analiza veličina t_d i t_s izračunatih za pojedini dan pokazuje da temperaturni srednjak t_d može biti veći, jednak ili manji od t_s . S druge strane, mjesečni prosjek danjih srednjaka t_{dm} uvijek je veći od mjesečnog prosjeka dnevnih srednjaka temperature t_{sm} . Budući da smo se u ovom radu ograničili samo na ispitivanje prosječnih mjesečnih vrijednosti veličina t_d , t_s , t_k , indeks m je ispuštan.

Tabela 1. Srednja, maksimalna i minimalna vrijednost ($^{\circ}\text{C}$) veličina t_s , t_d , ($t_d - t_s$), a_s za razdoblje 1961–1980. godine na odabranim stanicama u siječnju, travnju, srpnju i listopadu.

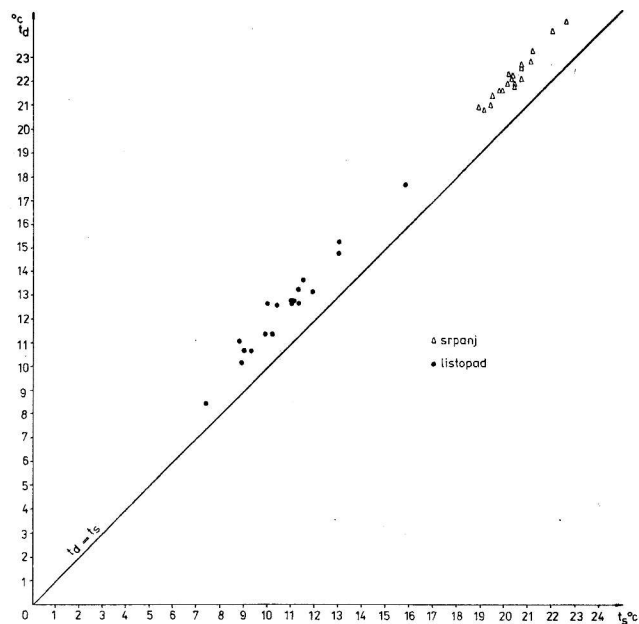
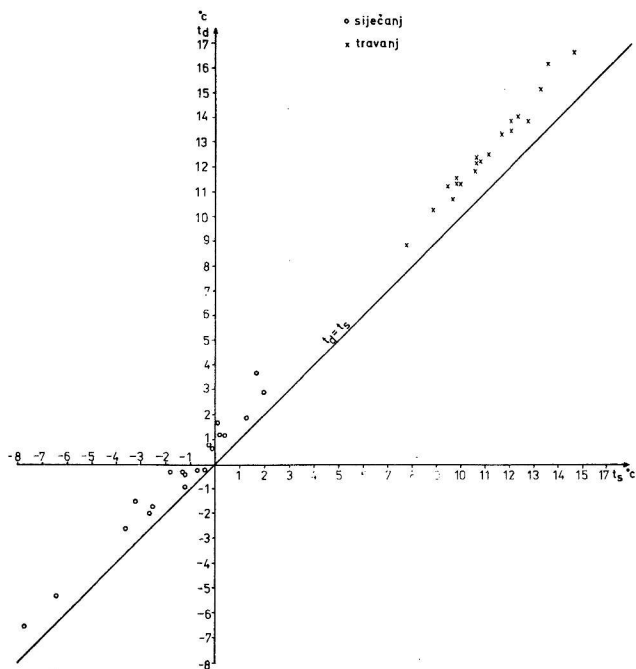
Table 1. The mean, maximum and minimum value ($^{\circ}\text{C}$) of the parameters t_s , t_d , ($t_d - t_s$) and a_s for the period 1961–1980 at selected stations in January, April, July and October.

Mjesec	ZAVIŽAN			SLAVONSKI BROD			RAB			ZADAR			HVAR			
	srednjak	max	min	srednjak	max	min	srednjak	max	min	srednjak	max	min	srednjak	max	min	
t_s	I	-4.1	-0.8	-7.5	-1.4	2.0	-7.7	7.2	9.2	3.8	6.7	9.0	3.2	8.8	10.8	6.3
	IV	0.9	4.3	-2.3	11.1	14.7	7.8	13.0	15.1	11.1	12.9	15.5	11.0	14.0	16.3	11.9
	VII	12.0	13.7	11.0	20.4	22.6	18.9	23.6	25.2	22.7	23.3	24.4	22.3	24.5	25.7	23.5
	X	4.8	8.6	-0.8	10.8	15.8	7.4	16.1	18.2	12.1	15.8	18.1	12.4	17.8	19.9	14.6
t_d	I	-3.7	0.0	-6.9	-0.4	3.7	-6.5	8.0	10.0	4.1	7.7	9.8	4.0	10.0	11.8	7.2
	IV	1.3	4.9	-1.9	12.7	16.7	8.9	13.8	16.0	11.8	13.8	16.7	11.9	15.1	17.3	13.1
	VII	12.6	14.3	11.6	22.2	24.5	20.8	24.5	26.0	23.5	24.2	25.4	23.3	25.7	26.9	24.7
	X	5.5	9.4	-0.6	12.5	17.7	8.5	17.3	19.2	12.4	17.2	19.3	13.4	19.4	21.8	16.0
$(t_d - t_s)$	I	0.4	0.8	0.2	1.0	2.0	0.2	0.8	1.5	0.3	1.0	2.0	0.7	1.2	1.7	0.8
	IV	0.4	0.6	0.2	1.6	2.6	1.1	0.8	1.1	0.6	0.9	1.2	0.7	1.1	1.4	0.9
	VII	0.6	0.7	0.4	1.8	2.1	1.4	0.8	1.1	0.7	0.9	1.1	0.8	1.2	1.3	1.0
	X	0.7	1.1	0.2	1.7	2.7	1.1	1.2	1.8	0.3	1.4	1.9	1.0	1.6	2.1	1.0
a_s	I	4.6	5.7	3.4	6.1	9.4	2.9	4.9	6.4	3.5	5.6	8.4	4.5	5.3	6.2	4.5
	IV	5.0	6.2	3.7	11.2	15.2	9.3	6.4	7.9	5.4	6.7	7.7	5.3	6.3	7.3	5.3
	VII	6.4	7.2	5.5	12.2	14.4	9.8	7.8	9.1	6.1	7.9	9.1	6.7	7.5	8.3	6.5
	X	5.4	6.9	3.5	11.0	14.9	8.1	6.6	8.7	5.2	7.1	8.7	6.0	6.6	7.6	5.3

Prosječne razlike ($t_d - t_s$) kod promatranih 20 uzoraka (vidi tab. 1) iz 20-godišnjeg razdoblja (1961–1980) kreću se od $0,4^{\circ}\text{C}$ (Zavižan) do $1,8^{\circ}\text{C}$ (Sl. Brod), dok su na lokalitetima Jadrana te razlike u rasponu od $0,8^{\circ}\text{C}$ (Rab) do $1,6^{\circ}\text{C}$ (Hvar). Ujedno se za uzorke s većim prosječnim razlikama tipičan i veliki raspon između maksimalnih i minimalnih razlika, što znači da se najveće oscilacije ($t_d - t_s$) pojavljuju u kontinentalnom području ($0,2$ do $2,7^{\circ}\text{C}$), dok su najmanje na Zavižanu ($0,2$ do $1,1^{\circ}\text{C}$). Također su spomenute oscilacije izraženije u hladnijim mjesecima (siječanj, listopad) kod svih stanica, premda se srednje vrijednosti ($t_d - t_s$) ne mijenjaju znatnije s godišnjim dobima (osobito na Jadranu). Uočava se nadalje da razlike ($t_d - t_s$) na nekom lokalitetu poprimaju vrijednosti u to širem intervalu (tj. javlja se veći rasap oko srednjaka) što je veći raspon prosječnog kolebanja a_s temperature zraka u razdoblju iz kojeg je uzorak, jer su većim kolebanjima pridružene i veće razlike ($t_d - t_s$), i obrnuto (vidi sl. 3).

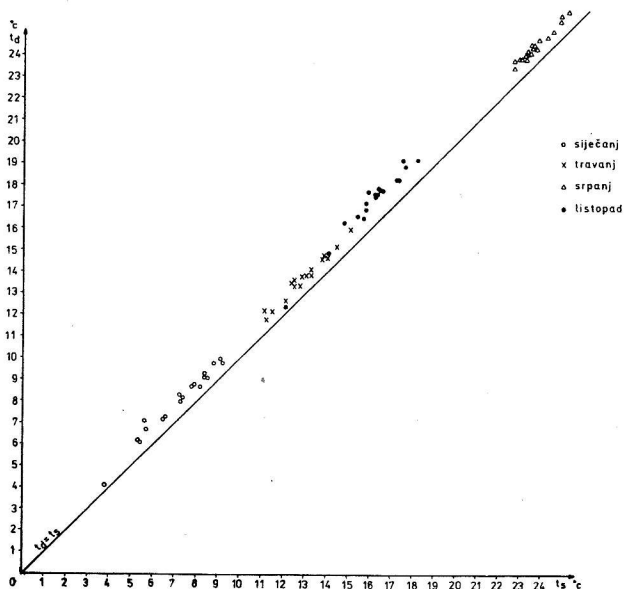
3. STOHAŠTIČKA POVEZANOST DANJIH TEMPERATURNIH SREDNJAKA t_d I DNEVNIH t_s

Razlike ($t_d - t_s$) variraju u vremenu i prostoru. Točne vrijednosti temperaturnih srednjaka t_d bez poznavanja izmjerenih vrijednosti ne možemo saznati jer



Sl. 1. Odnos danjih temperaturnih srednjaka t_d i dnevnih t_s za 4 odabrana mjeseca; Slavonski Brod, 1961–1980.

Fig. 1. The relation between daylight temperature means t_d and daily temperature means t_s for 4 selected months; Slavonski Brod, 1961–1980.



Sl. 2. Odnos danjih temperaturnih srednjaka t_d i dnevnih t_s za 4 odabrana mjeseca; Rab, 1961–1980.

Fig. 2. The relation between daylight temperature means t_d and daily temperature means t_s for 4 selected months; Rab, 1961–1980.

su one funkcija više veličina koje karakteriziraju stanje atmosfere. Međutim, statističkim metodama dobivamo funkcionalnu vezu varijabli t_d i t_s koja najbolje aproksimira njihovu stvarnu stohastičku ovisnost. Na slikama 1 i 2 uočljivo je da se kod svih uzoraka točke (t_{s_i}, t_{d_i}) rasprostiru duž pravca. Zbog toga je korišten opći oblik jednadžbe linearne regresije, koji glasi:

$$\hat{t}_d = a_1 + b_1 t_s. \quad (1)$$

Koeficijenti a_1 i b_1 određeni su metodom najmanje sume kvadrata za odabrane stanice i mjeseci i to iz

10 ili 9 parova vrijednosti (1961–1970). Također su izračunali pripadni koeficijenti linearne koleracije koji su, za svih 20 uzoraka, signifikantni na razini 0,1% (Brooks, 1953). 10-godišnji niz empiričkih vrijednosti pokazao se dovoljno dugim za određivanje konstanti u jednadžbama regresije (1) budući da su dobiveni vrlo visoki koeficijenti korelacije (kreću se većinom iznad 0,96). Uz to, pogreške procjene t_d prema tako izvedenim ovisnostima su relativno male u uzorcima 20-godišnjeg perioda, što znači da su jednadžbe određene na osnovi podataka 1961–1970. općenito primjenjive na bilo koju godinu, odnosno razdoblje.

Dobivene vrijednosti koeficijenata a_1 , b_1 i r , te srednje i maksimalno apsolutno odstupanje teoretskih od empiričkih iznosa temperaturnih srednjaka t_d nalaze se u tab. 2.

4. STOHAŠTIČKA POVEZANOST DANJIH TEMPERATURNIH SREDNJAKA t_d I KLIMATOLOŠKIH DNEVNIH t_k

Za stanice koje nemaju termografe u pravilu raspoložemo s vrijednostima temperature zraka za 3 dnevna klimatološka termina motrenja. Dnevni srednjak t_k određen iz te tri vrijednosti poznatom formulom najbližnji je onom kojeg bi dala kontinuirana registracija, tako da se mjesečni prosjek t_k razlikuje od t_s najčešće za $\pm 0,1^\circ\text{C}$, a najviše do $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (kod odabranih uzoraka).

Ranije opisanim postupkom nađeni su koeficijenti jednadžbe

$$\hat{t}_d = a_2 + b_2 t_k \quad (2)$$

Rezultati su dani u tabeli 3.

Tabela 2. Iznosi konstanti a_1 i b_1 jednadžbe (1) i pripadni koeficijenti r linearne korelacije, (1961–1970)*; srednje i maksimalno apsolutno odstupanje ($^{\circ}\text{C}$) teoretskih $\hat{t}_d(t_s)$ od empiričkih vrijednosti t_d temperaturnih srednjaka za period 1961–1980. godine kod odabranih stanica i mjeseci.

Table 2. The values of constants a_1 and b_1 in equation (1) and corresponding coefficients r of linear correlation, (1961–1970)*; mean and maximum absolute deviation ($^{\circ}\text{C}$) between theoretical $\hat{t}_d(t_s)$ and empirical t_d values of temperature means for the period 1961–1980 for selected stations and months.

MJESEC		a_1	b_1	r	$ t_d - \hat{t}_d(t_s) _{\max}$	$ t_d - \hat{t}_d(t_s) $
ZAVIŽAN	I	0.121	0.934	0.997	0.5	0.11
	IV	0.329	1.046	0.997	0.2	0.13
	VII	0.261	1.025	0.991	0.2	0.07
	X	0.402	1.064	0.995	0.4	0.16
SLAVONSKI BROD	I	0.800	0.941	0.991	1.3	0.31
	IV	-0.655	1.196	0.990	0.6	0.22
	VII	-0.143	1.095	0.979	0.4	0.17
	X	2.908	0.926	0.975	1.3	0.49
RAB	I	0.829	0.992	0.977	0.7	0.19
	IV	-0.467	1.093	0.993	0.5	0.16
	VII	0.137	1.028	0.995	0.3	0.10
	X	0.778	1.025	0.968	0.8	0.25
ZADAR	I	1.191	0.988	0.971	0.9	0.20
	IV	-0.179	1.086	0.990	0.3	0.10
	VII	0.901	1.001	0.993	0.2	0.09
	X	2.028	0.968	0.961	0.5	0.17
HVAR	I	0.972	1.018	0.997	0.3	0.10
	IV	0.692	1.028	0.993	0.5	0.14
	VII	0.346	1.032	0.992	0.2	0.05
	X	0.917	1.038	0.944	0.4	0.14

Vidimo da su dobiveni koeficijenti linearne korelacije r opet vrlo visoki (iznad 0,91), premda neznatno manji od istih za jednadžbe (1) – gdje je nezavisna varijabla temperaturni srednjak t_s . Ovo se odrazilo u nešto većim odstupanjima teoretskih od empiričkih vrijednosti. Najveće odstupanje uočava se na kontinentalnoj stanici SlavonSKI Brod: srednje do $0,54^{\circ}\text{C}$, te maksimalno odstupanje do $1,4^{\circ}\text{C}$.

5. PROCJENA DANJH SREDNJAKA t_d POMOĆU DVIJE TEMPERATURNE VARIJABLE (MNOGOSTRUKA LINEARNA REGRESIJA)

Bez obzira na vrlo visoke vrijednosti koeficijenata linearne korelacije među veličinama t_d i t_s ponekad se pojavljuju znatnija odstupanja točaka (t_{s_i} , t_{d_i}) od pravca regresije $\hat{t}_d = f(t_s)$.

Promatraju li se razlike ($t_d - t_s$) mjesečnih srednjaka temperature zraka kod odabranih uzoraka iz 20-godišnjeg razdoblja (sl. 2, 3), uočava se da one variraju u širem intervalu, odnosno istim vrijednostima

t_s mogu biti pridružene različite vrijednosti t_d . Ovo ukazuje da takvi slučajevi ne podliježu jednostavnoj linearnoj zavisnosti t_d i t_s . Ustanovljeno je da je spomenuto variranje razlika uzrokovano karakteristikama dnevnog hoda temperature zraka. U slučajevima izrazito velikog i izrazitog malog (gledano u odnosu na višegodišnji prosjek) srednjeg dnevnog kolebanja temperature zraka, vrijednosti \hat{t}_d procijenjene prema jednadžbi (1) znatnije se razlikuju od realiziranih \hat{t}_d (vidi primjer na sl. 3). Zbog toga se pokušalo uvažiti ovaj utjecaj. Tako je pretpostavljeno da je temperaturni srednjak \hat{t}_d funkcija dviju varijabli, tj. mjesečnog srednjaka temperature t_s i pripadnog srednjeg kolebanja a_s .

Metodom najmanje sume kvadrata nađene su jednadžbe regresije $\hat{t}_d = f(t_s, a_s)$ i izračunati pripadni koeficijenti mnogostruka korelacije. Tražena višestruka linearna zavisnost oblika je:

$$\hat{t}_d = a_3 + b_3 t_s + c_3 a_s. \quad (3)$$

U tabeli 4 dani su iznosi konstanti jednadžbi (3) i koeficijenata R za odabrane uzorke.

U većini slučajeva spomenuta veća odstupanja $|t_d - \hat{t}_d(t_s)|$ smanjena su ili iščezla primjenom adekvatnih

jih jednadžbi $\hat{t}_d = f(t_s, a_s)$, koje uvažavaju i iznos kolebanja temperature (vidi sl. 3).

Analogno ovom, korigirati se mogu i teoretske vrijednosti koje daje jednadžba (2). No u slučaju terminskih motrenja ne raspolažemo s „pravim“ iznosima dnevnog kolebanja temperature zraka, budući da se minimalna i maksimalna temperatura očitavaju u terminu 21 sat. Drugim riječima to znači da se razlika tada zabilježenih vrijednosti ne odnosi na period 0 – 24 sata, kao što je u slučaju kontinuirane registracije temperature. Stoga se procjena $\hat{t}_d(t_k)$ u nedostatku a_s može poboljšati uvažavanjem razlike između temperaturnih srednjaka dobivenih mjerenjem u 3 termina, također u smislu ocjene dnevnog kolebanja temperature. Tako je umjesto stvarnog prosječnog dnevnog kolebanja temperature nekog mjeseca određivana veličina

$$a_k = (t_{14} - t_7) \cdot (t_{14} - t_{21}), \quad (4)$$

a zatim t_d kao linearna funkcija dviju varijabli: $\hat{t}_d = f(t_k, a_k)$. Konstante jednadžbe

$$\hat{t}_d = a_4 + b_4 t_k + c_4 a_k \quad (5)$$

i pripadni koeficijenti mnogostruke korelacije nalaze se u tab. 5. U tab. 6 dane su za stanicu Rab empiričke

t_d i pripadne teoretske vrijednosti \hat{t}_d temperaturnih srednjaka – procjenjivane pomoću četiri jednadžbe / (1), (2), (3) i (5) / – prema mjerenjima u listopadu 1961–1980. godine. Iz priloženog je očigledno da uvažavanje kolebanja a_s , odnosno a_k primjetno poboljšava teoretske vrijednosti \hat{t}_d .

6. REZULTATI

Empiričke vrijednosti danjih srednjaka temperature zraka t_d , kao i razlike ($t_d - t_s$), diskutirane su pod točkom 2.

Nakon toga razmotren je problem procjene temperaturnih srednjaka za period mogućeg sijanja Sunca pomoću veličina koje se uobičajeno određuju iz podataka mjerenja temperature zraka na meteorološkim stanicama.

Prezentirani rezultati proračuna pokazuju da postoji čvrsta stohastička povezanost srednje temperature zraka u periodu od izlaza do zalaza Sunca i one koja se odnosi na cjelodnevno razdoblje. To potvrđuju vrijednosti koeficijenta linearne korelacije čiji su iznosi dani u tab. 2 i 3.

Tabela 3. Iznosi konstanti a_2 i b_2 jednadžbe (2) i pripadni koeficijenti r linearne korelacije, (1961–1970)*; srednje i maksimalno apsolutno odstupanje ($^{\circ}\text{C}$) teoretskih $\hat{t}_d(t_k)$ od empiričkih vrijednosti t_d temperaturnih srednjaka za period 1961–1980. godine kod odabranih stanica i mjeseci.

Table 3. The values of constants a_2 and b_2 in equation (2) and corresponding coefficients r of linear correlation, (1961–1970);* mean and maximum absolute deviation ($^{\circ}\text{C}$) between theoretical $\hat{t}_d(t_k)$ and empirical t_d values of temperature means for the period 1961–1980 for selected stations and months.

MJESEC		a_2	b_2	r	$ t_d - \hat{t}_d(t_k) _{\max}$	$ t_d - \hat{t}_d(t_k) $
ZAVIŽAN	I	0,160	0,949	0,995	0,6	0,12
	IV	0,291	1,063	0,996	0,3	0,13
	VII	1,204	0,954	0,977	0,3	0,12
	X	0,274	1,096	0,995	0,4	0,15
SLAVONSKI BROD	I	0,672	0,940	0,992	1,4	0,32
	IV	-1,341	1,260	0,982	0,5	0,23
	VII	0,436	1,068	0,968	0,5	0,18
	X	2,942	0,936	0,964	1,4	0,54
RAB	I	0,932	0,978	0,977	0,7	0,20
	IV	-0,191	1,080	0,996	0,5	0,17
	VII	0,488	1,013	0,992	0,5	0,18
	X	1,242	1,010	0,916	0,7	0,34
ZADAR	I	1,328	0,962	0,970	0,8	0,21
	IV	0,098	1,075	0,977	0,4	0,19
	VII	0,859	0,999	0,990	0,2	0,09
	X	3,214	0,913	0,935	1,0	0,31
HVAR	I	1,339	0,986	0,972	0,9	0,26
	IV	0,756	1,030	0,984	0,4	0,17
	VII	2,964	0,929	0,981	0,3	0,08
	X	1,410	1,024	0,920	0,7	0,29

Promatraju li se svi uzroci, r -ovi dobiveni za jednadžbe (1) su u intervalu $0,944 \leq r \leq 0,997$, a za jednadžbe (2) $0,920 \leq r \leq 0,996$, s češćim višim vrijednostima.

Već je spomenuto da su koeficijenti jednadžbi, odnosno koeficijenti linearne korelacije, određivani iz 10 ili 9 parova empiričkih vrijednosti (t_{d_i}, t_{s_i}) i (t_{d_i}, t_{k_i}) , što se pokazalo dovoljno dugim razdobljem. Jer samo kod uzoraka gdje je $r \leq 0,97$, veći broj podataka utjecao bi na povećanje iznosa r , tj. ovaj bi se još više približio jedinici, s tim da se konstante jednadžbe ne bi bitno izmijenile.

U tab. 2 i 3 dana su maksimalna i srednja apsolutna odstupanja teoretskih od empiričkih iznosa t_d za sve uzorke iz 20-godišnjeg razdoblja.

Vidi se da je raspon maksimalnih pogrešaka procjene primjenom jednadžbe (2) od $0,2^\circ\text{C}$ do $1,4^\circ\text{C}$, a kod jednadžbe (1) $0,2^\circ\text{C}$ do $1,3^\circ\text{C}$. No veće pogreške pojavljuju se obično jednom do dva puta u 20-godišnjem nizu, na što ukazuju i relativno male srednje apsolutne pogreške kod većine uzoraka:

$$0,05^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_s)| \leq 0,49^\circ\text{C} \text{ i}$$

$$0,08^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_k)| \leq 0,54^\circ\text{C}.$$

Premda su koeficijenti r svih uzoraka visoki, uočavaju se neznatno veće vrijednosti za jednadžbe (1), što znači da je veza ipak bolja između t_d i t_s od veze t_d i t_k .

Mogu se još usporediti promjene r -ova od mjeseca do mjeseca na istoj lokaciji: za listopad su najniže vrijednosti. No između pojedinih stanica gotovo da i nema razlika. Može se jedino izdvojiti Slavonski Brod kod kojeg se pojavljuju najveća odstupanja teoretskih od empiričkih vrijednosti. Uzrok tome je premještanje meteorološke stanice na novu lokaciju 1. 6. 1968, pa jednadžba izvedena samo iz podataka 1961–1969. godine, primijenjena na period 1961–1980, daje veće razlike između procijenjenih i realiziranih vrijednosti t_d .

Iako su koeficijenti linearne korelacije r vrlo visoki kod svih uzoraka, navedene maksimalne pogreške procjene prema jednadžbama (1) i (2) mogu se smatrati značajnim odstupanjima. Već je diskutirano da se ovo

Tabela 4. Iznosi konstanti a_3 , b_3 i c_3 jednadžbe (3) i pripadni koeficijenti R mnogostruke korelacije, 1961–1970)*; srednje i maksimalno apsolutno odstupanje ($^\circ\text{C}$) teoretskih $\hat{t}_d(t_s, a_s)$ od empiričkih vrijednosti t_d temperaturnih srednjaka za period 1961–1980. godine kod odabranih stanica i mjeseci.

Table 4. The values of constants a_3 , b_3 and c_3 in equation (3) and corresponding coefficients R of multilinear correlation, (1961–1970)*; mean and maximum absolute deviation ($^\circ\text{C}$) between theoretical $\hat{t}_d(t_s, a_s)$ and empirical t_d values of temperature means for the period 1961–1980 for selected stations and months.

	Mjesec	a_3	b_3	c_3	R	$ t_d - \hat{t}_d(t_s, a_s) _{\max}$	$ t_d - \hat{t}_d(t_s, a_s) $
ZAVIŽAN	I	-0,209	0,951	0,089	0,998	0,5	0,13
	II	-0,287	1,020	0,131	0,998	0,2	0,09
	VII	-0,408	1,006	0,138	0,997	0,2	0,06
	X	-0,579	1,064	0,177	0,999	0,2	0,07
SLAVONSKI BROD	I	-1,009	0,992	0,308	0,998	0,5	0,15
	IV	-1,297	1,117	0,139	0,994	0,3	0,15
	VII	-0,491	1,057	0,092	0,981	0,4	0,13
	X	-0,892	0,987	0,264	0,999	0,6	0,18
RAB	I	-1,035	0,984	0,400	0,996	0,5	0,13
	IV	-1,696	1,020	0,358	0,999	0,3	0,09
	VII	0,211	1,007	0,058	0,997	0,2	0,07
	X	-1,455	1,045	0,302	0,997	0,5	0,10
ZADAR	I	-0,969	0,985	0,356	0,998	0,3	0,12
	IV	-1,408	1,037	0,272	0,999	0,2	0,08
	VII	0,274	0,994	0,098	0,994	0,1	0,03
	X	-1,174	1,038	0,288	0,989	0,4	0,09
HVAR	I	-0,343	1,045	0,208	0,999	0,3	0,09
	IV	-1,121	1,044	0,262	0,998	0,2	0,07
	VII	-0,702	1,041	0,112	0,996	0,1	0,04
	X	-1,224	0,999	0,446	0,997	0,3	0,13

događa u godinama s izrazito velikim i izrazito malim prosječnim dnevnim kolebanjem temperature zraka (sl. 7), te da se veće pogreške mogu smanjiti ili eliminirati uvažavanjem temperaturnog kolebanja. Tako jednadžbe (3) i (5), dobivene metodom mnogostruke linearne regresije, s izrazito visokim vrijednostima koeficijenata mnogostruke korelacije $0,974 \leq R \leq 0,999$ za jednadžbe (5) i $0,981 \leq R \leq 0,999$ za jednadžbe (3)/, daju točnije vrijednosti od obične linearne veze oblika (1) i (2). Da se vrijednosti t_d točnije procjenjuju pomoću t_s i pripadne veličine a_s (odnosno t_k i a_k), potvrđuju dobiveni manji iznosi odstupanja $|t_d - \hat{t}_d|$. Tako je raspon maksimalnih pogrešaka $0,2^\circ\text{C}$ do $0,8^\circ\text{C}$ kod jednadžbi (5) i $0,1^\circ\text{C}$ do $0,6^\circ\text{C}$ kod jednadžbi (3). Također su smanjene srednje apsolutne pogreške:

$$0,03^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_s, a_s)| \leq 0,18^\circ\text{C}$$

$$0,05^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_k, a_k)| \leq 0,27^\circ\text{C}$$

Maksimalne pogreške uvijek su kod stanice Slavonski Brod (za sve četiri jednadžbe), a pojavljuju se u periodu 1971–1980. godine. Uzrok je već spomenuto premještanje stanice. Općenito, veće pogreške mogle bi se izbjeći određivanjem koeficijenata jednadžbi iz niza duljeg od 10 godina, što ovdje nije rađeno.

7. ZAKLJUČAK

Mjesečni prosjek danjeg srednjaka t_d temperature zraka (za period od izlaza do zalaza Sunca) uvijek je veći od mjesečnog prosjeka dnevnog srednjaka t_s odnosno

Tabela 5. Iznosi konstanti a_4 , b_4 i c_4 jednadžbe (5) i pripadni koeficijenti R mnogostruke korelacije, (1961–1970)*; srednje i maksimalno apsolutno odstupanje ($^\circ\text{C}$) teoretskih $\hat{t}_d(t_k, a_k)$ od empiričkih vrijednosti t_d temperaturnih srednjaka za period 1961–1980. godine kod odabranih stanica i mjeseci.

Table 5. The values of constants a_4 , b_4 and c_4 in equation (5) and corresponding coefficients R of multilinear correlation, (1961–1970)*; mean and maximum absolute deviation ($^\circ\text{C}$) between theoretical $\hat{t}_d(t_k, a_k)$ and empirical t_d values of temperature means for the period 1961–1980 for selected stations months.

	Mjesec	a_4	b_4	c_4	R	$ t_d - \hat{t}_d(t_k, a_k) _{\max}$	$ t_d - \hat{t}_d(t_k, a_k) $
ZAVIŽAN	I	0,089	0,963	0,058	0,997	0,3	0,11
	IV	0,115	1,017	0,049	0,998	0,2	0,08
	VII	0,830	0,947	0,037	0,994	0,2	0,09
	X	0,137	1,066	0,035	0,999	0,4	0,09
SLAVONSKI BROD	I	0,128	0,994	0,052	0,998	0,4	0,18
	IV	-0,349	1,084	0,022	0,989	0,5	0,16
	VII	2,669	0,827	0,052	0,985	0,8	0,27
	X	0,279	1,040	0,019	0,997	0,3	0,13
RAB	I	0,333	1,000	0,060	0,998	0,2	0,09
	IV	-0,074	1,050	0,023	0,997	0,3	0,12
	VII	1,247	0,969	0,017	0,993	0,4	0,14
	X	-0,256	1,047	0,042	0,993	0,3	0,10
ZADAR	I	0,585	1,004	0,031	0,997	0,3	0,09
	IV	-0,231	1,026	0,057	0,997	0,3	0,10
	VII	0,845	1,001	-0,002	0,990	0,2	0,09
	X	0,824	1,014	0,029	0,974	0,5	0,17
HVAR	I	0,464	1,004	0,080	0,996	0,3	0,10
	IV	0,195	1,021	0,064	0,993	0,5	0,14
	VII	1,957	0,946	0,040	0,994	0,2	0,05
	X	-0,655	1,078	0,056	0,989	0,4	0,14

* Napomena: Zbog nepotpunosti niza 1961–1970, koeficijenti jednadžbi određeni su prema mjerenjima iz slijedećih perioda: 1964–1973. za Zavižan (4 mjeseca), 1961–1969. za Slavonski Brod (srpanj i listopad) i Zadar (siječanj), 1962–1970. za Rab (siječanj, travanj i srpanj), 1961–1970, bez 1968, za Hvar (travanj).

* Remark: Due to the lack of some measurements, coefficients of the equations are determined from the following periods: 1964–1973. for Zavižan (4 months), 1961–1969. for Slavonski Brod (July and October) and Zadar (January), 1962–1970. for Rab (January, April, July), 1961–1970, without 1968. for Hvar (April).

Tabela 6. Empiričke vrijednosti temperaturnog srednjaka t_d ($^{\circ}\text{C}$) i teoretske \hat{t}_d ($^{\circ}\text{C}$) određene pomoću 4 jednačbe; Rab, listopad 1961–1980.

Table 6. The empirical values t_d ($^{\circ}\text{C}$) of temperature means and theoretical \hat{t}_d ($^{\circ}\text{C}$) determined by 4 equations; Rab, October 1961–1980.

GODINA	t_d	$\hat{t}_d(t_s)$	$\hat{t}_d(t_k)$	$\hat{t}_d(t_s, a_s)$	$\hat{t}_d(t_k, a_k)$
1961.	18,3	18,5	18,6	18,4	18,5
1962.	18,3	18,4	18,3	18,2	18,3
1963.	17,6	17,5	17,5	17,5	17,4
1964.	16,5	16,9	17,2	16,6	16,6
1965.	17,2	17,0	16,8	17,1	17,1
1966.	19,2	19,4	19,5	19,1	19,1
1967.	18,9	18,8	18,6	19,0	18,8
1968.	17,8	17,8	17,9	17,8	17,9
1969.	19,2	18,7	18,5	19,2	19,3
1970.	16,6	16,6	16,7	16,7	16,7
1971.	16,3	16,0	15,9	16,3	16,3
1972.	14,9	15,2	15,2	14,9	14,6
1973.	17,6	17,4	17,4	17,5	17,5
1974.	12,4	13,2	13,1	12,9	12,4
1975.	17,6	17,4	17,3	17,6	17,5
1976.	17,8	17,7	17,7	17,9	17,7
1977.	17,9	17,6	17,6	17,8	17,9
1978.	17,7	17,1	16,9	17,8	17,5
1979.	17,5	17,4	17,4	17,7	17,5
1980.	16,9	17,0	17,2	17,0	17,0

t_k (koji se odnose na 24-satno razdoblje). Njihove razlike pokazuju prostorno-vremensku varijabilnost.

Dnevni hod temperature zraka odražava se na vrijednosti temperaturnog srednjaka t_d .

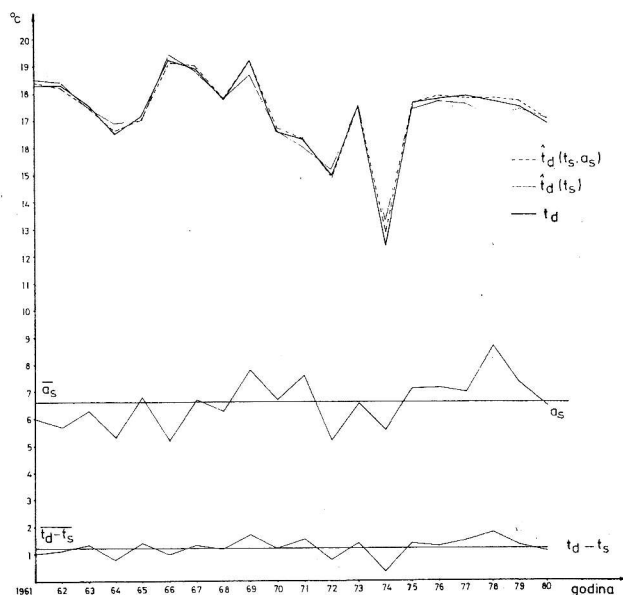
Ustanovljeno je da postoji čvrsta stohastička zavisnost između srednje temperature zraka za vrijeme mogućeg trajanja sijanja Sunca i srednje temperature za cjelodnevni period, što potvrđuju dobiveni koeficijenti r linearne koleracije za jednačbe izvedene iz 10-godišnjih empiričkih vrijednosti: kod 20 uzoraka (4 mjeseca i 5 stanica) za vezu $\hat{t}_d = f(t_s)$ $r \geq 0,944$, a kod veze $\hat{t}_d = f(t_k)$ $r \geq 0,916$.

Uvažavanje kolebanja (a_s i a_k) temperature zraka poboljšava procjenu u svim uzorcima. Pripadni koeficijenti mnogostrukih korelacije su: $R \geq 0,981$ kod veze $\hat{t}_d = f(t_s, a_s)$ i $R \geq 0,974$ za $\hat{t}_d = f(t_k, a_k)$.

Ocjena svih jednačbi napravljena je na uzorcima iz 20-godišnjeg razdoblja (1961–1980).

Pokazano je da su teoretske vrijednosti \hat{t}_d procijenjene pomoću temperaturnih srednjaka t_s (određivanih iz satnih vrijednosti prema termografu) neznatno točnije od onih dobivanih iz klimatoloških srednjaka t_k $0,05^{\circ}\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_s)| \leq 0,49^{\circ}\text{C}$, a $0,08^{\circ}\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_k)| \leq 0,54^{\circ}\text{C}$.

Također je bolje za procjenu t_d koristiti višestruku linearnu ovisnost, odnosno uvažiti i dnevno kolebanje temperature zraka $0,03^{\circ}\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_s, a_s)| \leq 0,18^{\circ}\text{C}$, $0,05^{\circ}\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_k, a_k)| \leq 0,27^{\circ}\text{C}$.



Sl. 3. Empiričke vrijednosti temperaturnih srednjaka t_d i teoretske vrijednosti $t_d(t_s)$, $t_d(t_s, a_s)$ te pripadno kolebanje a_s temperature zraka i razlike $(t_d - t_s)$; Rab, listopad 1961–1980.

Fig. 3. The empirical values t_d of the air temperature means and theoretical values $t_d(t_s)$, $t_d(t_s, a_s)$, corresponding air temperature fluctuations a_s and differences $(t_d - t_s)$; Rab, October 1961–1980.

U slučajevima većih pogrešaka potrebno je odrediti konstante jednačbi regresije iz većeg broja empiričkih vrijednosti.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da je postupak procjene t_d primjenljiv za sve mjesece u godini i sve stanice, premda je za sagledavanje osobitosti cijelog područja SR Hrvatske broj ispitanih uzoraka malen.

LITERATURA

- BROOKS, C. E. P., N. CARRUTHERS, 1953: Handbook of Statistical Methods in Meteorology. Her Majesty's Stationery Office, London.
- MOOD, A. F., 1950: Introduction to the Theory of Statistics. Mc Graw-Hill Book Company, New York-Toronto-London.
- PENZAR, B., B. MAKJANIĆ, 1980: Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta, Zagreb.
- PENZAR, I., 1974: Atlas izlaza i zalaza Sunca na području SFR Jugoslavije. Almanah Bošković, knjiga 26, Zagreb, 81–160.

SUMMARY

In this paper the problem of daylight temperature mean and its connection with well known characteristics is considered. The temperature regime of a certain locality or a larger region is described by the usual temperature characteristics: daily air temperature mean for a 24-hour period, extreme values, amplitudes and various quantities as the combinations of these values.

In order to estimate the climatological potential of various regions from the aspect of justifying the establishment and use of solar equipment, it has been necessary to examine — besides other relevant quantities — daylight means air temperature. These values, which would be adequate for the daylight period (sunrise to sunset), have not been analysed so far in the area considered.

Five localities along the coast (Rab, Zadar, Hvar), over the continental part (Slavonski Brod) and the mountainous region (Zavižan) of Croatia were chosen. The 20-year (1961–1980) air temperature measurements on indicated stations in mid-seasonal months were used. Knowing the sunrise and sunset time, the empirical values of daylight temperature means were determined. The examination was limited to monthly averages of daylight means t_d , daily means t_s , determined from the hourly registrations, and climatological means t_k , according to three times daily observational values.

The monthly average of daylight mean is always greater than the monthly average of daily temperature mean. Their differences show the spatial-temporal variability. The diurnal variation of air temperature is reflected in the values of daylight mean. These conclusions are based on analysis of 20 samples (5 stations and 4 months) over a 20-year period. The obtained results show that the average differences ($t_d - t_s$) between daylight and daily means vary from 0,4°C (Zavižan) to 1,8°C (Slavonski Brod).

It is noted that these differences on certain localities give greater-interval values (defined by a greater dispersal around the mean) if the dispersal of temperature variation a_s of the sampling mean is greater (Fig. 3).

In the second part of the paper several statistical methods of estimation of the daylight mean t_d are presented, based on measured parameters.

It has been shown that a strong stochastic dependence exists between daylight temperature mean and the mean for the entire daily period. This is confirmed by coefficients r of linear

correlation for equations established over a 10-year period (1961–1970) empirical values: for 20 samples for the relation (1) $r \geq 0,944$, and for the relation (2) $r \geq 0,916$, with more frequent higher values.

Taking into consideration temperature variations (a_s, a_k), better estimation is obtained in all samples. The corresponding coefficients of multiple correlation are: $R \geq 0,981$ by the relation (3) and $R \geq 0,974$ for the relation (5).

The valorization of all equations is made over a 20-year period (1961–1980) sampling. It is shown that theoretical values \hat{t}_d , estimated from temperature means t_s , are slightly better than those obtained from the climatological means t_k / $0,05^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_s)| \leq 0,49^\circ\text{C}$, and $0,08^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_k)| \leq 0,54^\circ\text{C}$ /.

It is also shown that for estimation of t_d a multiple linear correlation is more justified, meaning that daily temperature variations must be included / $0,03^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_s, a_s)| \leq 0,18^\circ\text{C}$, $0,05^\circ\text{C} \leq |t_d - \hat{t}_d(t_k, a_k)| \leq 0,27^\circ\text{C}$ /.

In cases of greater errors (e.g. Slavonski Brod) it is necessary to establish regression equations constants from the greater number of empirical values.

On the basis of presented results it can be concluded that the procedure for estimation of daylight mean t_d is applicable to all months, although for the consideration of characteristics for the entire area of Croatia, the examined sampling is limited.