

SEKULARNE FLUKTUACIJE TEMPERATURE U ZAGREBU

TOMISLAV ŠEGOTA

Uvod. Ovaj je članak nastavak mog rada koji je objavljen u prethodnom Geografskom glasniku (*T. Šegota* 1969). U međuvremenu je objavljen rad *B. Penzar, B. Volarić i I. Penzar* (1967), tako da je ova problematika — barem što se tiče Zagreba — relativno dobro upoznata. O fluktuacijama temperature vrlo se mnogo piše u svjetskoj geografskoj, klimatološkoj i meteorološkoj literaturi, pa je bilo potrebno da se taj problem rasvijetli istraživanjima i u našim krajevima. To je moglo biti učinjeno s obzirom na sretnu okolnost da Zagreb—Grič posjeduje homogeni niz podataka o temperaturi sve od 1862. godine.

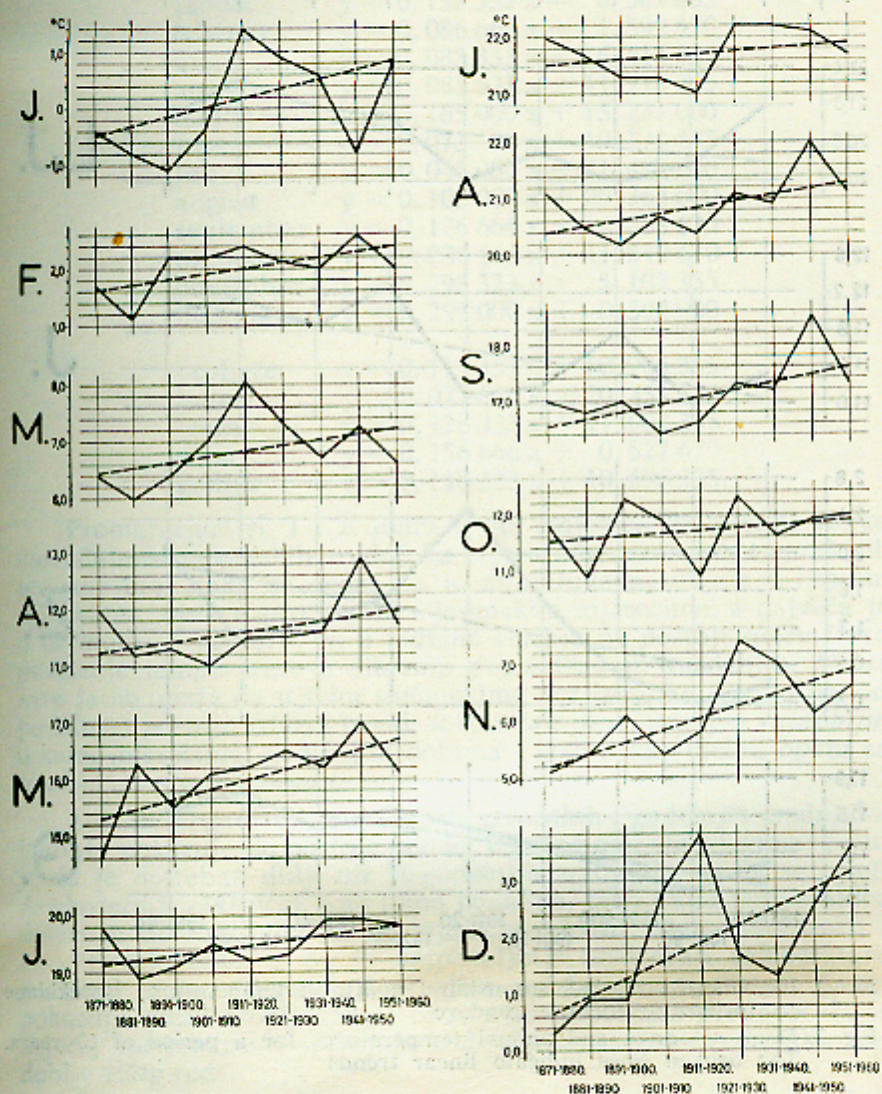
Metode obrade podataka. Nije potrebno iznova prikazati sve klimatološko-statističke metode koje su korištene prilikom obrade temperaturnih nizova, jer su one iste kao i u prethodnom radu gdje su obrađeni padalinski nizovi. Izvjesne teškoće nastale su samo kod izračunavanja koeficijenta varijacije temperature za zimske mjesece (osobito za januar), a u vezi su s teškoćama koje nastaju kad se neki broj (u ovom slučaju standardna devijacija) dijeli s brojem koji je blizu nule. Isto se mora reći i za krivulje kumulativnih odstupanja od višegodišnjih srednjaka; budući da se u zimskim mjesecima odstupanja u pojedinim godinama (odstupanja od višegodišnjeg srednjaka) dijele sa prosječnom mjesečnom temperaturom koja je jako blizu nuli, dobivaju se jako veliki brojevi s kojima je nezgodno operirati. (Tako je najveće kumulativno odstupanje u decembru —3 189‰, a u januaru čak —13 566‰.) Zato su kod grafičkih prikaza u spomenutim slučajevima odstupanja prikazana u centimetrima, a ne u postocima, kako je učinjeno u svim ostalim slučajevima. Prednost postotaka je u mogućnosti komparacije.

Kao i kod padalina, baza za izračunavanje kumulativnih odstupanja od srednjaka uzeto je standardno razdoblje 1901—1960, a ne čitavo promatrano razdoblje; smatram da je to ispravnije jer je to »čvršća« osnova; naime, upotrebom prosjeka za čitavo pro-

Tab. 1. 10-godišnji, 30-godišnji i 60-godišnji srednjaci mjesečnih, sezonskih i godišnjih temperatura
 Table 1. The monthly, seasonal, and annual mean temperatures for the periods of 10, 30, and 60 years

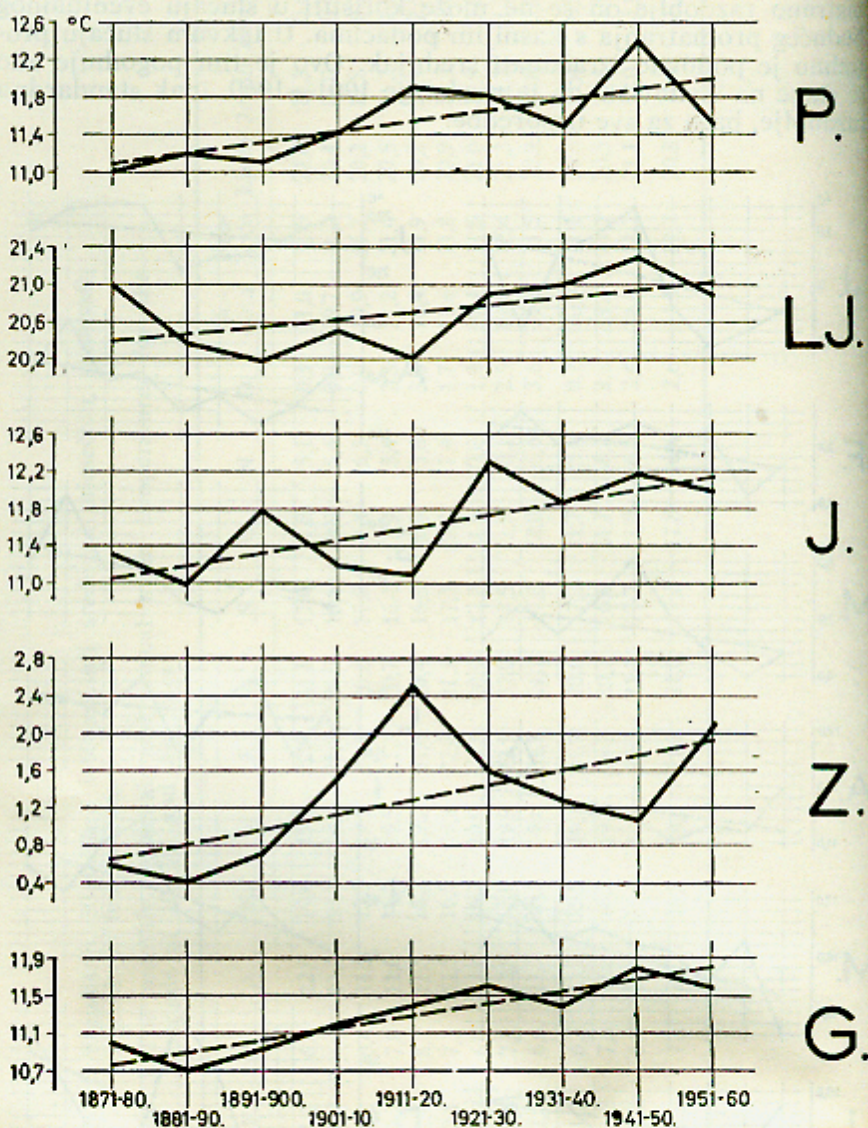
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Go- dina	Pro- ljeće	Ljeto	Jesen	Zima
1871 — 1880.	-0,4	1,7	6,4	12,0	14,6	19,8	22,0	21,1	17,0	11,8	5,1	0,3	11,0	11,0	21,0	11,3	0,6
1881 — 1890.	-0,8	1,1	6,0	11,2	16,3	18,9	21,7	20,5	16,8	10,9	5,4	0,9	10,7	11,2	20,4	11,0	0,4
1891 — 1900.	-1,1	2,2	6,4	11,3	15,5	19,1	21,3	20,2	17,0	12,3	6,1	0,9	10,9	11,1	20,2	11,8	0,7
1901 — 1910.	-0,4	2,2	7,0	11,0	16,1	19,5	21,3	20,7	16,4	11,9	5,4	2,8	11,2	11,4	20,5	11,2	1,5
1911 — 1920.	1,4	2,4	8,1	11,5	16,2	19,2	21,0	20,4	16,6	10,9	5,8	3,8	11,4	11,9	20,2	11,1	2,5
1921 — 1930.	0,9	2,1	7,3	11,5	16,5	19,3	22,2	21,1	17,3	12,3	7,4	1,7	11,6	11,8	20,9	12,3	1,6
1931 — 1940.	0,6	2,0	6,7	11,6	16,2	19,9	22,2	20,9	17,2	11,6	7,0	1,3	11,4	11,5	21,0	11,9	1,3
1941 — 1950.	-0,8	2,6	7,2	12,9	17,0	19,9	22,1	22,0	18,5	11,9	6,1	2,5	11,8	12,4	21,3	12,2	1,1
1951 — 1960.	0,8	2,0	6,6	11,7	16,1	19,8	21,7	21,1	17,3	12,0	6,6	3,6	11,6	11,5	20,9	12,0	2,1
1871 — 1900.	-0,8	1,7	6,3	11,5	15,5	19,3	21,7	20,6	17,0	11,7	5,6	0,7	10,9	11,1	20,5	11,4	0,5
1901 — 1930.	0,6	2,2	7,5	11,3	16,2	19,3	21,5	20,7	16,8	11,7	6,2	2,8	11,4	11,7	20,5	11,6	1,9
1931 — 1960.	0,2	2,2	6,8	12,0	16,4	19,9	22,0	21,3	17,7	11,8	6,6	2,4	11,6	11,7	21,1	12,0	1,6
1901 — 1960.	0,4	2,2	7,1	11,7	16,3	19,6	21,7	21,0	17,2	11,8	6,4	2,6	11,5	11,7	20,8	11,8	1,7

matrano razdoblje on se ne može koristiti u slučaju eventualnog budućeg promatranja s kasnijim podacima. U takvom slučaju potrebno je ponovno izračunati srednjak. Ovo je tim pogodnije ako se stane na stanovište da je razdoblje 1901—1960. ipak standardno razdoblje, baza za sve usporedbe.



Sl. 1. 10-godišnji srednjaci mjesečnih temperatura; isprekidane crte prikazuju linearne trendove

Fig. 1. Mean monthly temperatures for a period of 10 years. The broken lines indicate linear trends.



Sl. 2. 10-godišnji srednjaci sezonskih i godišnjih temperatura; isprekidane crte prikazuju linearne trendove

Fig. 2. Mean seasonal, and annual temperatures for a period of 10 years. The broken lines indicate linear trends

Rezultati istraživanja. Prvu informaciju o temperaturi pruža usporedba 10-godišnjih srednjih mjesečnih, sezonskih i godišnjih temperatura. Opet treba istaći činjenicu da linearni trend nije u svim slučajevima najpovoljnije aproksimiranje, ipak, on u većini

slučajeva zadovoljava i omogućuje lakše uočavanje promjene u duljem razdoblju. Običaj je u radovima ovakve vrste da se donesu i egzaktne numeričke vrijednosti, odnosno jednadžbe pravaca koji prikazuju linearne trendove. Jednadžbe pravaca koji označavaju linearne trendove za 10-godišnje prosjeke temperature glase:

januar	$y = 0,158\ 333\ x - 0,569\ 665$
februar	$y = 0,086\ 666\ x + 1,599\ 670$
mart	$y = 0,088\ 333\ x + 6,414\ 335$
april	$y = 0,083\ 333\ x + 11,216\ 335$
maj	$y = 0,165\ 000\ x + 15,231\ 000$
juni	$y = 0,073\ 333\ x + 19,121\ 335$
juli	$y = 0,045\ 000\ x + 21,497\ 000$
august	$y = 0,105\ 000\ x + 20,363\ 000$
septembar	$y = 0,126\ 666\ x + 16,488\ 670$
oktobar	$y = 0,036\ 666\ x + 11,549\ 670$
novembar	$y = 0,198\ 333\ x + 5,108\ 335$
decembar	$y = 0,295\ 000\ x + 0,502\ 000$
proljeće	$y = 0,113\ 333\ x + 10,966\ 335$
ljetno	$y = 0,071\ 666\ x + 20,352\ 670$
jesen	$y = 0,128\ 333\ x + 11,002\ 335$
zima	$y = 0,156\ 666\ x + 0,527\ 670$
godina	$y = 0,118\ 333\ x + 10,696\ 335$

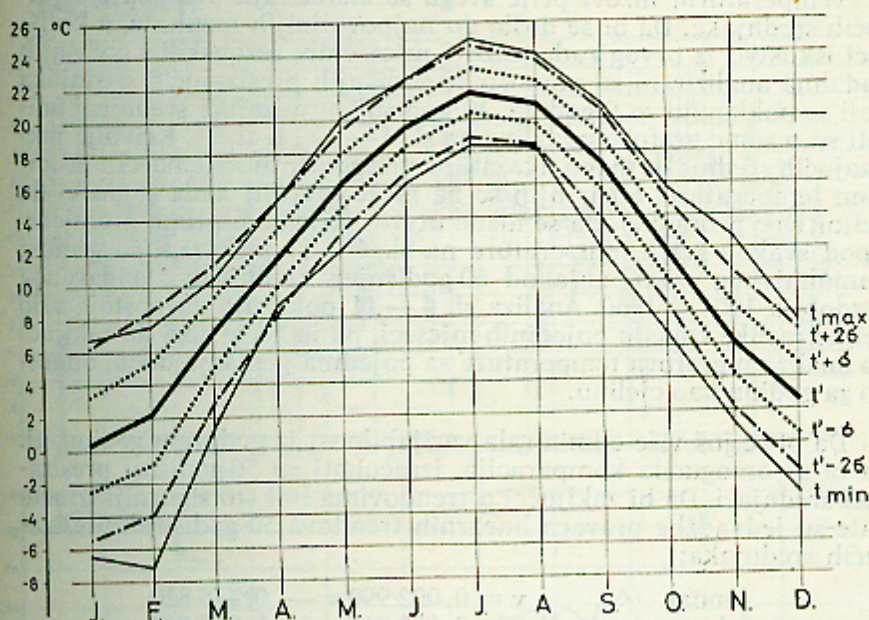
Promatrajući sl. 1 i 2 udara u oči činjenica da postoji velika varijabilnost dekadskih srednjaka mjesečnih, sezonskih i godišnjih temperatura. Lako se opaža da je amplituda najmanja u ljetnim mjesecima, raste u proljetnim i jesenskim mjesecima, a najveća je u decembru i januaru. Ni u jednom slučaju ne postoji sistematsko povišenje temperature u čitavom promatranom razdoblju. Ali se zato jasno opaža da u svim slučajevima bez izuzetka (za razliku od padalina) postoji uzlazni trend; u čitavom promatranom razdoblju, u svim mjesecima, godišnjim dobima i godini kao cjelini opaža se *tendencija otopljanja*.

Analiza 30-godišnjih mjesečnih, sezonskih i godišnjih srednjaka (tab. 1) pokazuje da postoje razlike u pojedinim slučajevima; očito je da je potreban dulji niz 30-godišnjih srednjaka da bi se izveli dalekosežniji zaključci. Kao i kod padalina, tako i kod temperature dolazi se do zaključka da je mjesečne nizove teže uspoređivati i izvoditi zaključke, a da je najpovoljnije analizirati temperature godišnjih doba. 30-godišnji prosjeci godišnjih temperatura jasno pokazuju trend otopljanja; tu se očituje poznata prednost da se utjecaj varijabilnosti smanjuje kad je promatrano vremensko razdoblje višeg reda.

Kao i padaline, tako i temperature pokazuju veliku varijabilnost iz mjeseca u mjesec, iz godine u godinu, iz godišnjeg doba u godišnje doba. I u ovom slučaju može nas interesirati da li je neka temperatura normalna, ili je ona rijetka, ili čak vrlo rijetka. Važno je odrediti granice između kojih variraju normalne temperature. To

Tab. 2. Srednje mjesečne, sezonske i godišnje temperature, standardna devijacija i koeficijent varijacije temperature u periodu 1901 — 1960
 Table 2. The monthly, seasonal, and annual mean temperatures, the standard deviations, and the coefficients of variation of the temperature from 1901 to 1960

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Go- dina	Pro- ljeće	Ljeto	Jesen	Zima
T_{\max}	6,7	7,6	10,4	15,2	20,2	22,4	25,0	24,0	21,0	15,6	12,8	7,6	12,6	14,2	23,1	14,8	4,9
Srednjak + 2 stand. devijacije	6,2	8,4	11,3	15,1	19,5	22,4	24,5	23,6	20,6	15,0	10,6	7,0	12,9	13,9	22,8	14,2	5,5
Srednjak + stand. devijacija	3,3	5,3	9,2	13,4	17,9	21,0	23,1	22,3	18,9	13,4	8,5	4,8	12,2	12,8	21,8	13,0	3,6
Srednja temperatura	0,4	2,2	7,1	11,7	16,3	19,6	21,7	21,0	17,2	11,8	6,4	2,6	11,5	11,7	20,8	11,8	1,7
Standardna devijacija	2,9	3,1	2,1	1,7	1,6	1,4	1,4	1,3	1,7	1,6	2,1	2,2	0,7	1,1	1,0	1,2	1,9
Srednjak — stand. devijacija	-2,5	-0,9	5,0	10,0	14,7	18,2	20,3	19,7	15,5	10,2	4,3	0,4	10,8	10,6	19,8	10,6	-0,2
Srednjak — 2 stand. devijacije	-5,4	-4,0	2,9	8,3	13,1	16,8	18,9	18,4	13,8	8,6	2,2	-1,8	10,1	9,5	18,8	9,4	-2,1
T_{\min}	-6,5	-7,2	1,4	8,5	12,2	16,1	18,4	18,3	11,9	6,8	1,2	-3,0	9,7	9,6	19,0	8,5	-3,2
Koeficijent varijacije	728	141	30	14	10	7	6	6	10	13	33	85	6	10	5	10	112



Sl. 3. Srednje mjesečne temperature u 60-godišnjem standardnom periodu 1901 — 1960. i varijabilnost mjesečnih temperatura

Fig. 3. Mean monthly temperatures in the 60-year standard period from 1901 to 1960, and the variations of the monthly temperatures

se postiže izračunavanjem standardne devijacije; to smo učinili za standardni period 1901 — 1960 (tab. 2, sl. 3). Jasno se vidi da i kod temperature postoji velika varijabilnost, tako da se subnormalne i iznad normalne temperature često javljaju. Na grafikonu se vidi da su ne-normalne temperature češće i više odstupaju u zimskim nego u ljetnim mjesecima. To osobito vrijedi za januar i februar.

Koeficijent varijacije je uobičajena relativna mjera rasipanja, a prednost mu je pred standardnom devijacijom da omogućuje komparaciju. Međutim, zbog već spomenute teškoće da se koeficijent varijacije u zimskim mjesecima dobiva dijeljenjem s brojevima (srednjacima) koji su jako bliski nuli (osobito januar); koeficijent varijacije u tim mjesecima strahovito raste. Zato će biti zgodnije uporediti podatke iz godišnjih doba, godine i ljetnih mjeseci. Uporedi li se koeficijent varijacije padalina i temperatura vidi se da je varijabilnost padalina u Zagrebu mnogo veća nego varijabilnost temperature u godini (koeficijent varijacije 60-god. srednjaka godišnjih padalina iznosi 19%, a koeficijent varijacije temperature 6% itd.), proljeću, ljetu i jeseni i ljetnim mjesecima (na primjer, varijabilnost padalina u julu iznosi 58%, a varijabilnost temperature samo 6%). Suprotno je zimi, u decembru, januaru i februaru. Osobito u januaru kad koeficijent varijacije padalina iznosi 53%, a koeficijent varijacije temperature čak 728%!

Temperaturni nizovi prije svega se analiziraju pomoću presizajućih srednjaka. Da bi se došlo do najpovoljnijih rezultata, a koristeći iskustvo iz prvog rada, nizovi mjesečnih, sezonskih i godišnjih padalina analizirani su pomoću 10-godišnjih presizajućih srednjaka koji se poklapaju za 9 godina. 10-godišnji presizajući srednjaci unijeti su u same grafove padalina na sl. 4 — 10 i u sl. 11. Krivulje presizajućih srednjaka mogu ukazati na višegodišnju sistematsku promjenu temperature, ali iz njih se ne može utvrditi kada je došlo do definitivne promjene. Da se tačno utvrdi vrijeme nastupa promjene, ispod svakog grafa temperature na sl. 4 — 11 prikazani su grafovi kumulativnog odstupanja od 60-godišnjeg srednjaka standardnog razdoblja 1901 — 1960. Analiza sl. 4 — 11 pokazuje da postoje vrlo velike razlike između pojedinih mjeseci, pa je lakše doći do zaključka analizom grafova temperature za pojedina godišnja doba, odnosno za godinu kao cjelinu.

Da bi se još više eliminirala varijabilnost iz godine u godinu, tj. da bi se omogućila komparacija, izračunati su 50-godišnji presizajući srednjaci. Da bi zaključci o trendovima bili što sigurniji izračunate su jednadžbe pravaca linearnih trendova 50-godišnjih presizajućih srednjaka:

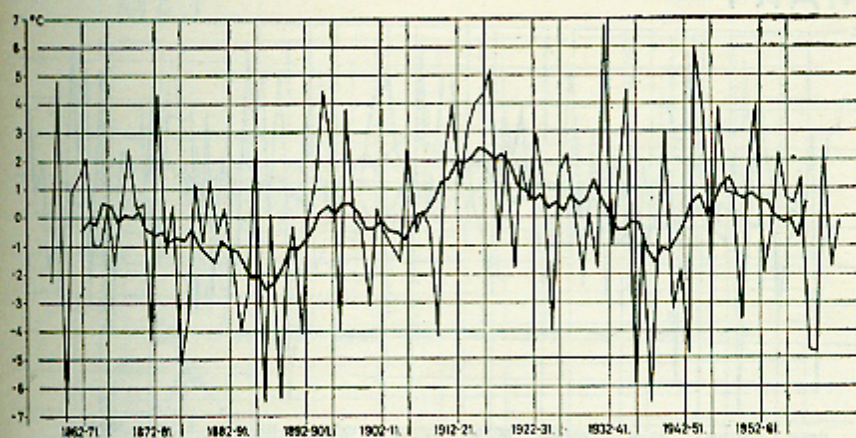
januar	$y = 0,002\ 990\ x - 0,476\ 820$
februar	$y = 0,000\ 946\ x + 1,915\ 294$
mart	$y = 0,001\ 576\ x + 6,634\ 464$
april	$y = 0,001\ 761\ x + 11,182\ 144$
maj	$y = 0,001\ 408\ x + 15,856\ 092$
juni	$y = 0,001\ 147\ x + 19,193\ 318$
juli	$y = 0,000\ 853\ x + 21,431\ 582$
august	$y = 0,001\ 742\ x + 20,463\ 548$
septembar	$y = 0,002\ 227\ x + 16,557\ 548$
oktobar	$y = 0,000\ 585\ x + 11,586\ 850$
novembar	$y = 0,003\ 081\ x + 5,489\ 874$
decembar	$y = 0,002\ 481\ x + 1,555\ 224$
proljeće	$y = 0,001\ 596\ x + 11,222\ 094$
ljet	$y = 0,001\ 248\ x + 20,362\ 112$
jesen	$y = 0,001\ 968\ x + 11,203\ 532$
zima	$y = 0,001\ 991\ x + 1,025\ 206$
godina	$y = 0,001\ 735\ x + 10,947\ 670.$

Podrobnija analiza pokazuje zornije nego prethodne krivulje da u svim mjesecima, godišnjim dobima i godini postoji opći trend

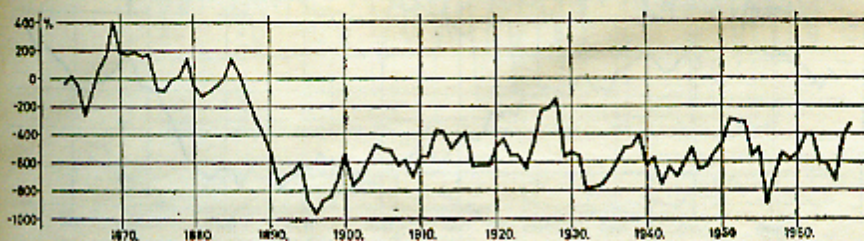
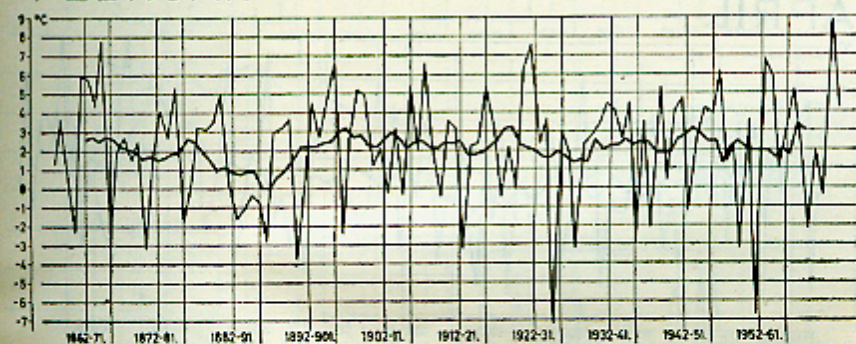
Sl. 4 — 10. Grafovi temperatura sa 10-godišnjim presizajućim srednjacima. Ispod njih su krivulje kumulativnog odstupanja od 60-godišnjeg prosjeka 1901 — 1960.

Figs 4 to 10. Temperature graphs with overlapping mean values for a period of 10 years. Below them are the curves of the cumulative deviations in the 60-year period from 1901 to 1960.

JANUAR

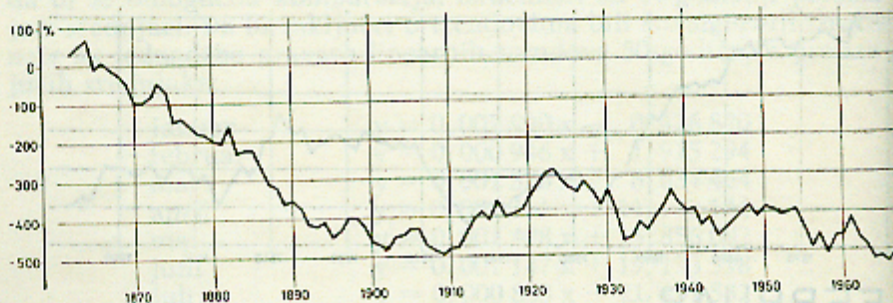
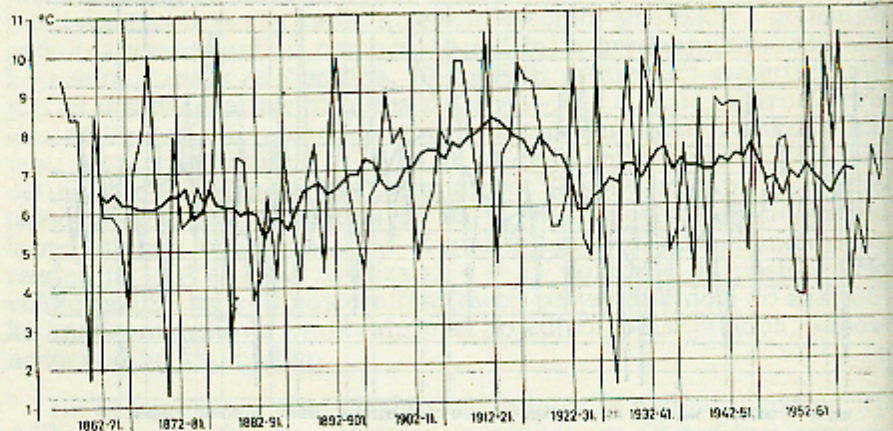


FEBRUAR

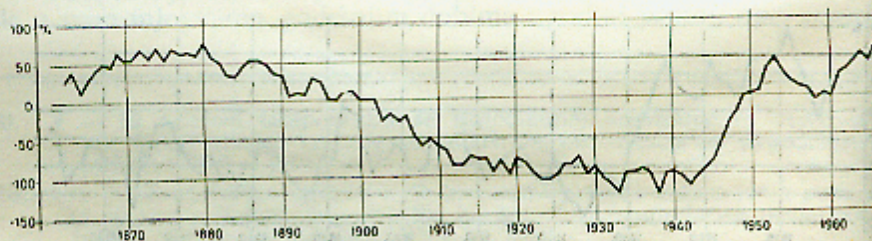
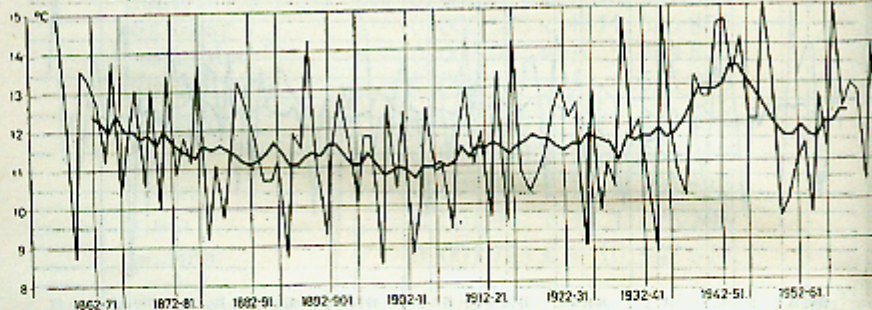


Sl. 4. — Fig. 4.

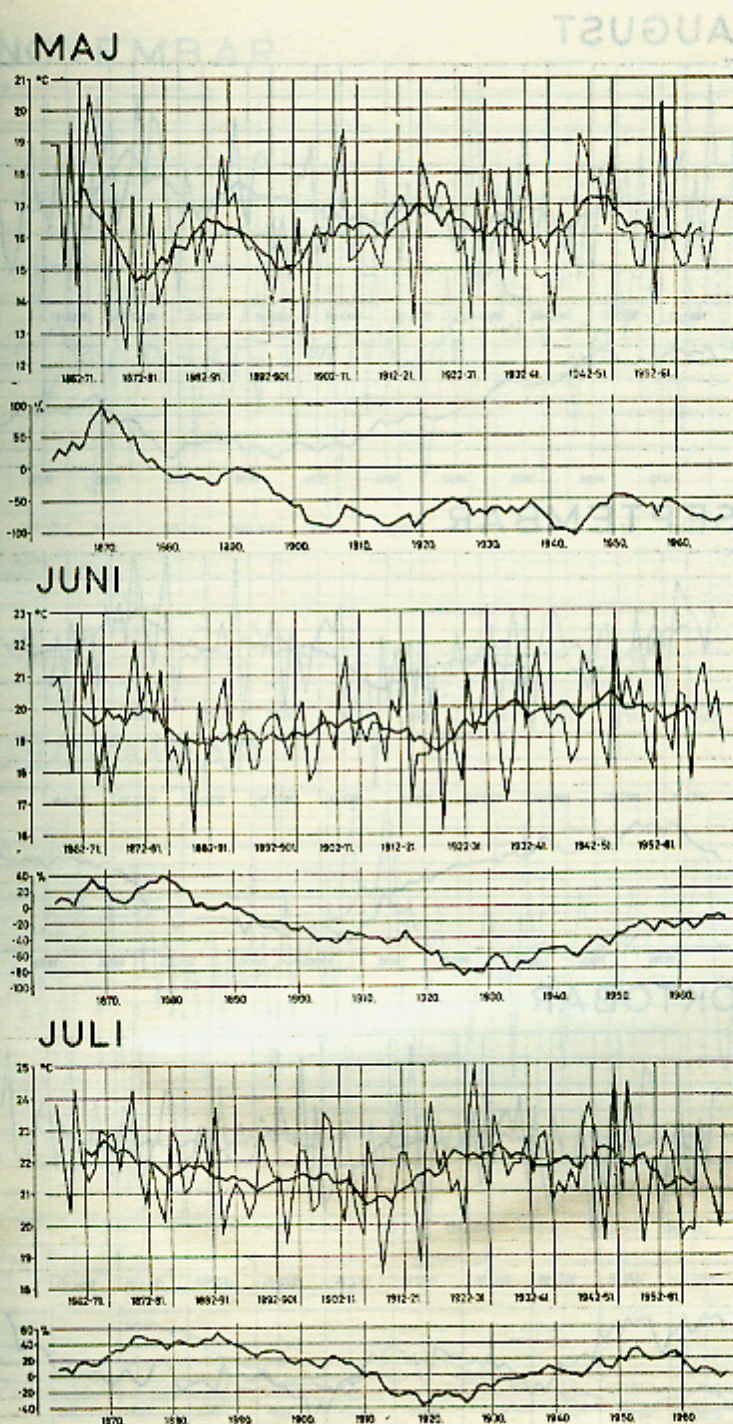
MART



APRIL

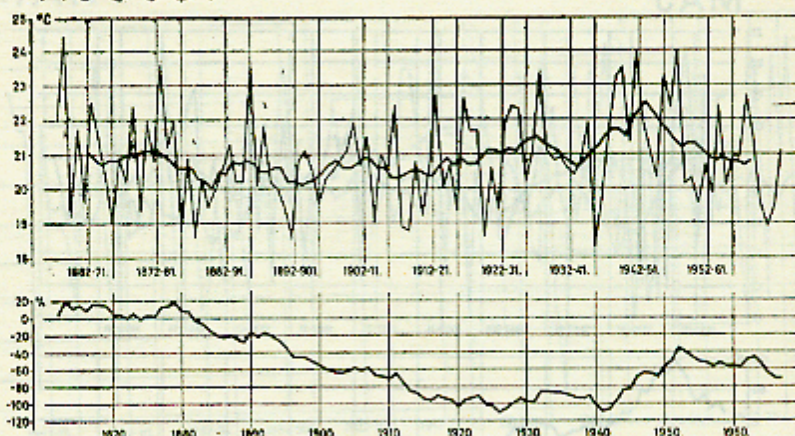


Sl. 5. — Fig. 5.

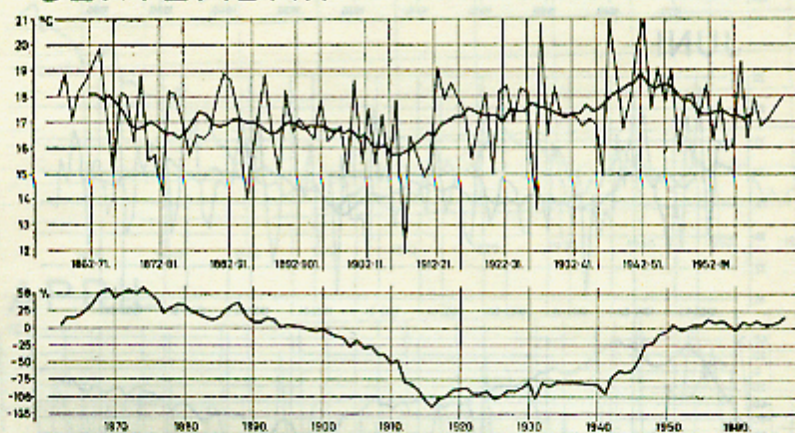


Sl. 6. — Fig. 6.

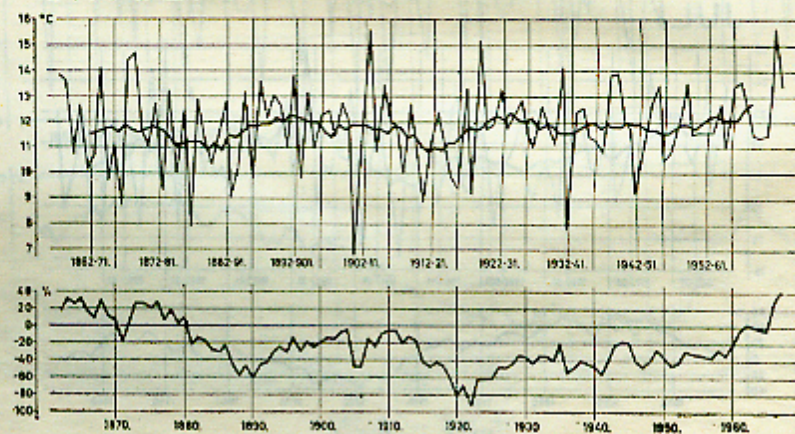
AUGUST



SEPTEMBAR

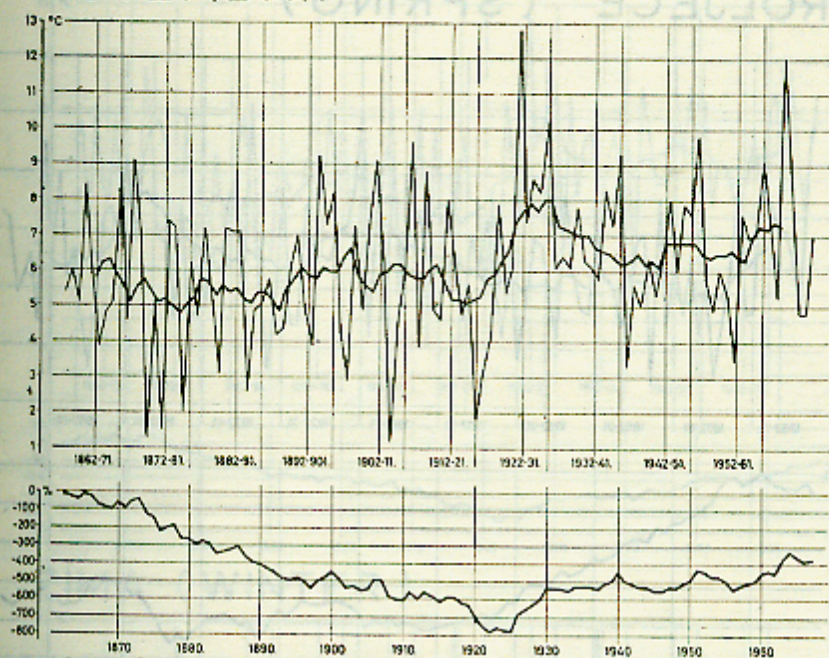


OKTOBAR

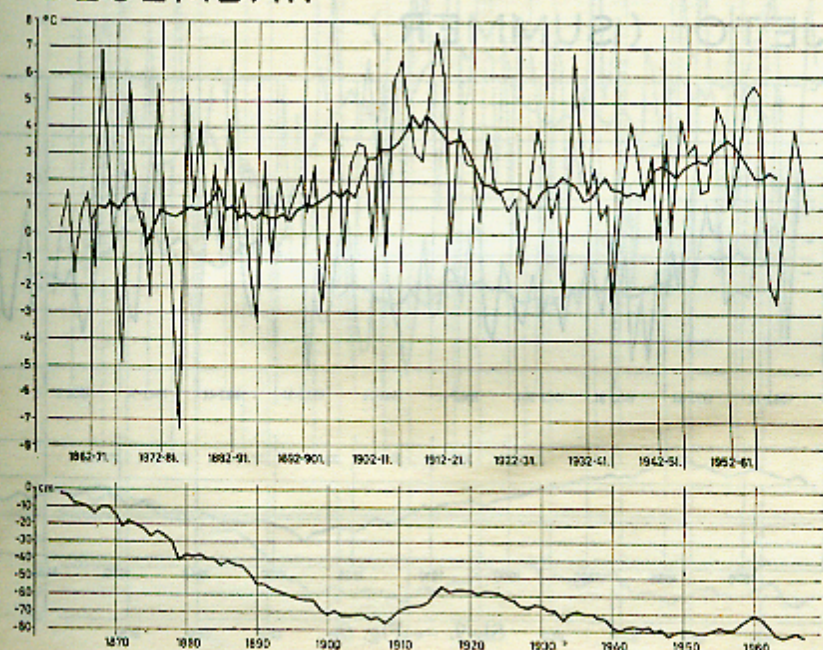


Sl. 7. — Fig. 7.

NOVEMBAR

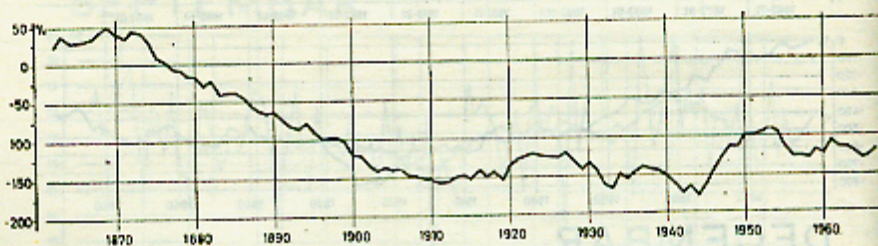
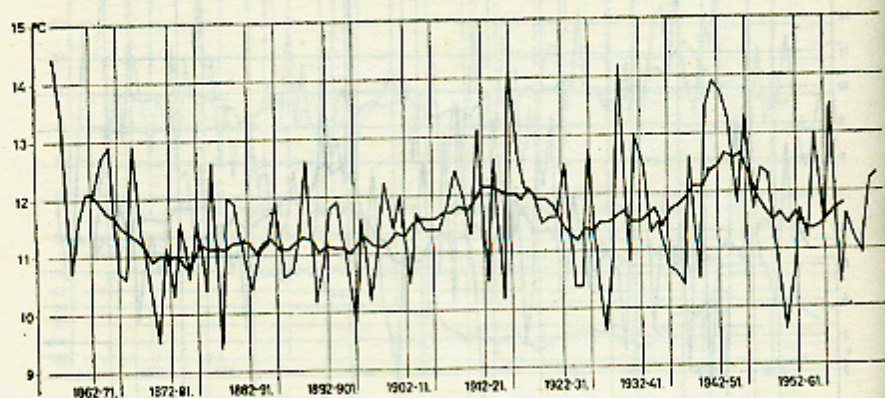


DECEMBAR

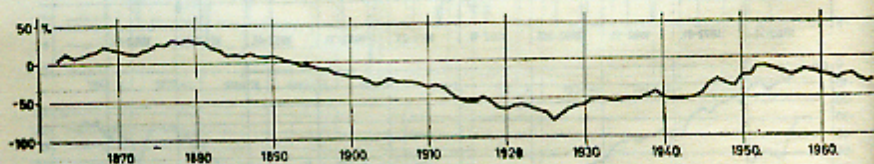
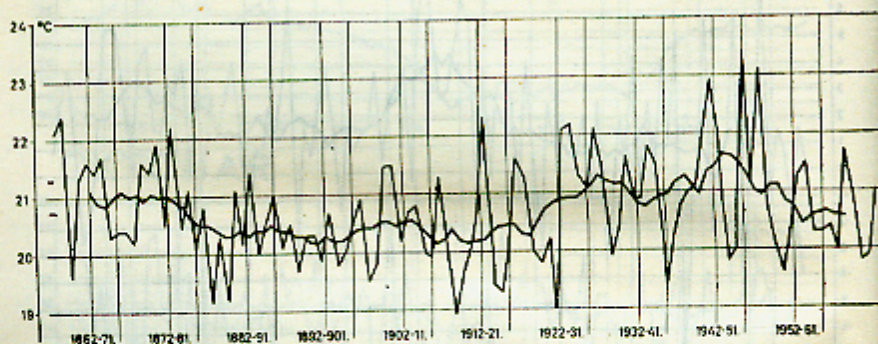


Sl. 8. — Fig. 8.

PROLJEĆE (SPRING)

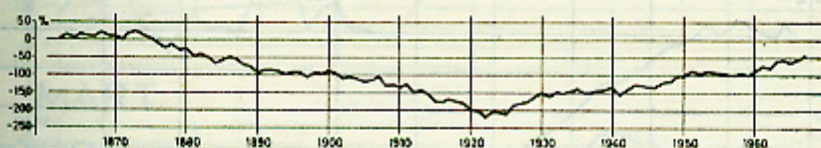
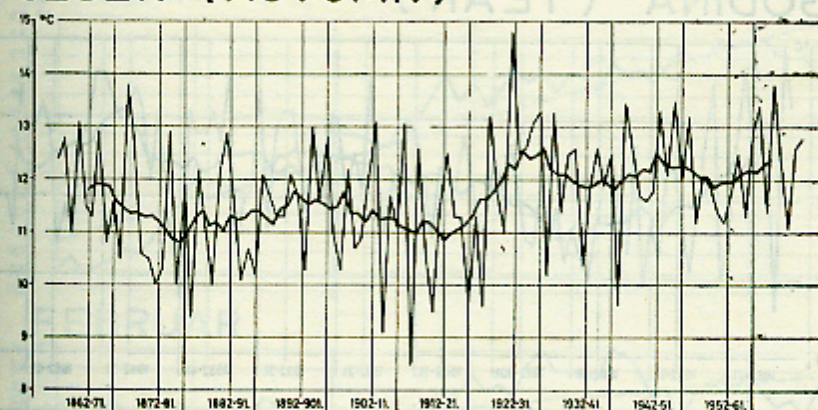


LJETO (SUMMER)

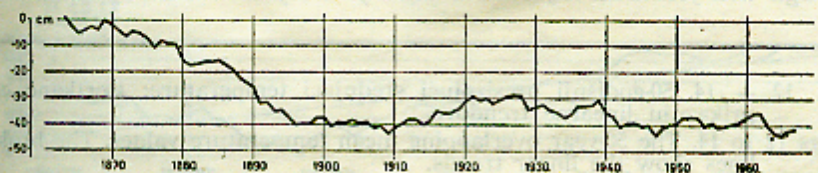
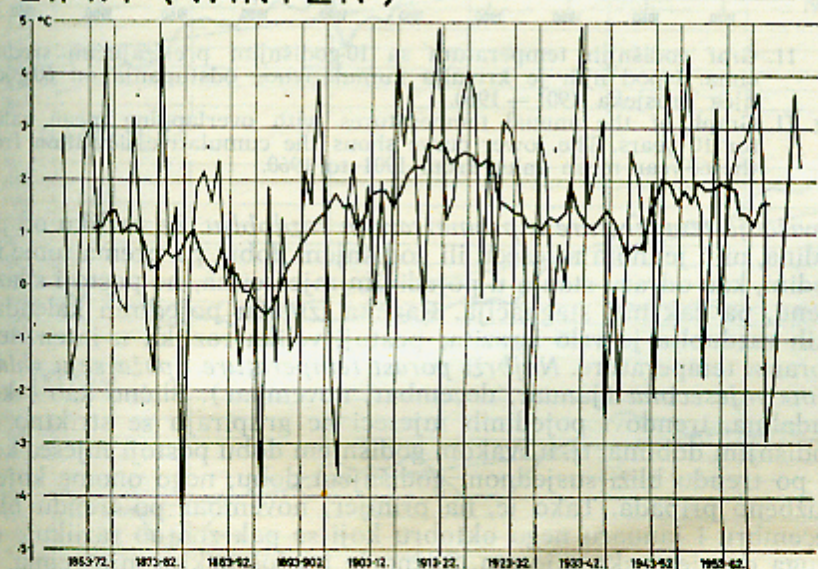


Sl. 9. — Fig. 9.

JESEN (AUTUMN)

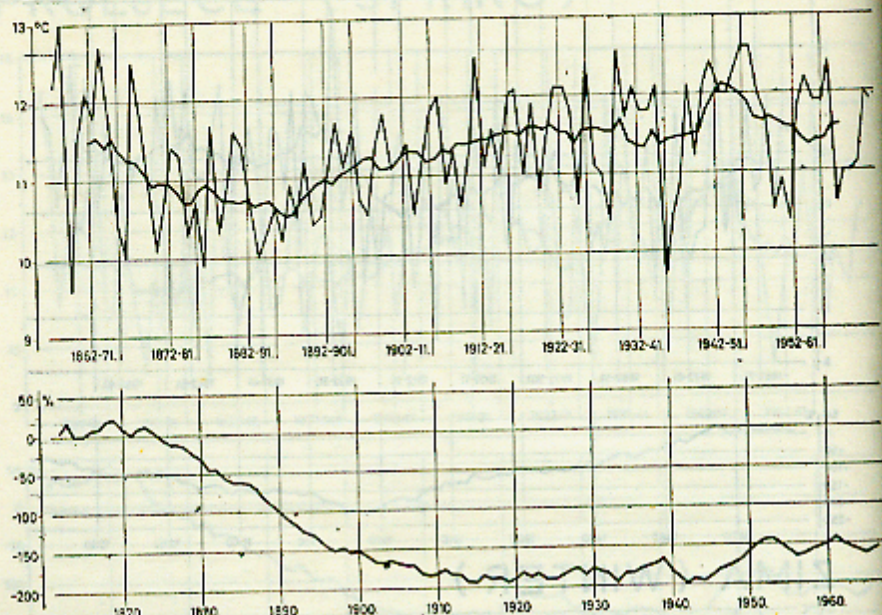


ZIMA (WINTER)



Sl. 10. — Fig. 10.

GODINA (YEAR)



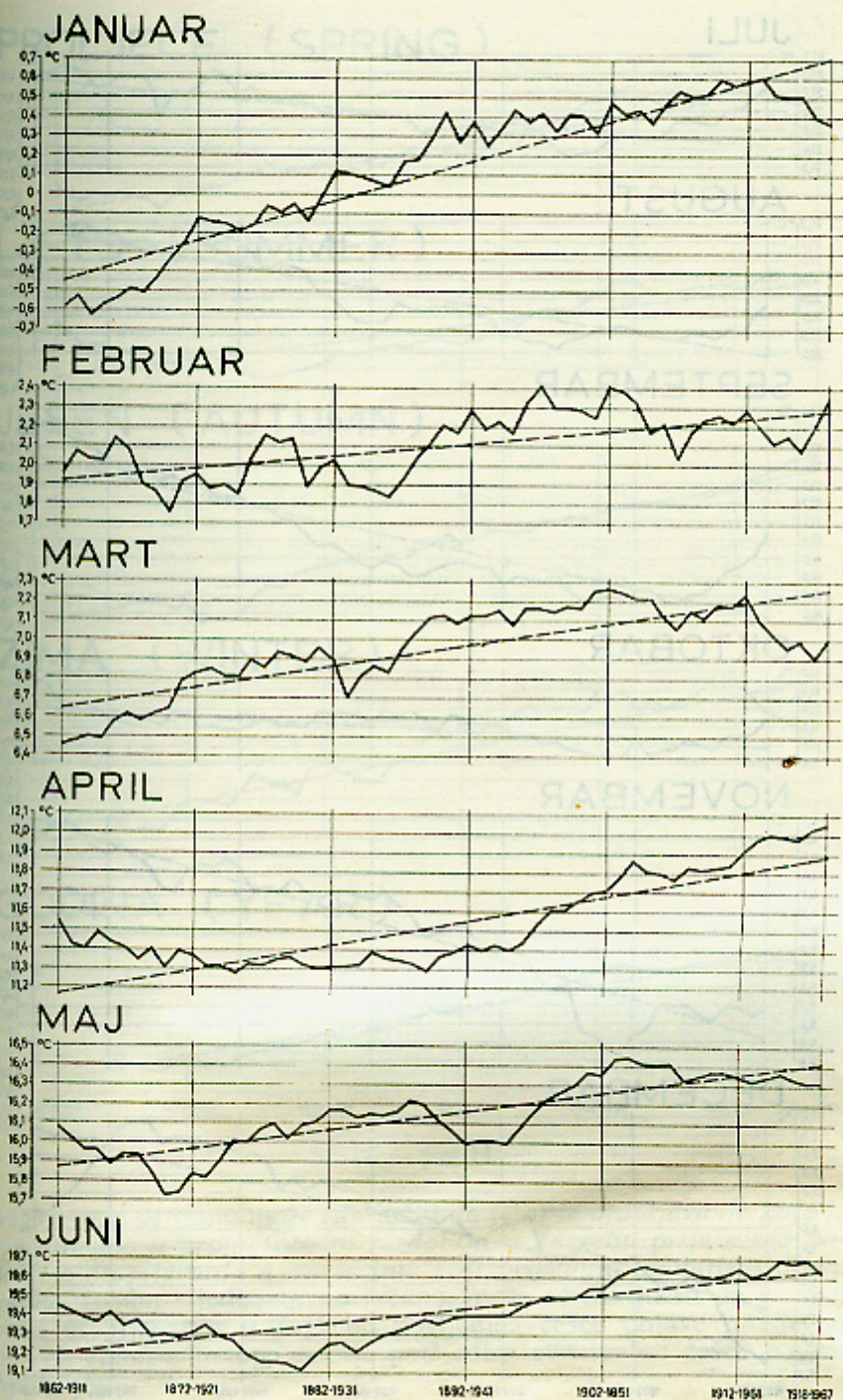
Sl. 11. Graf godišnjih temperatura sa 10-godišnjim presizajućim srednjacima. Ispod njih je krivulja kumulativnog odstupanja od 60-godišnjeg prosjeka 1901—1960.

Fig. 11. Graph of the annual temperatures with overlapping mean values for 10 years. The lower curve shows the cumulative deviation from the 60-year mean value from 1901 to 1960.

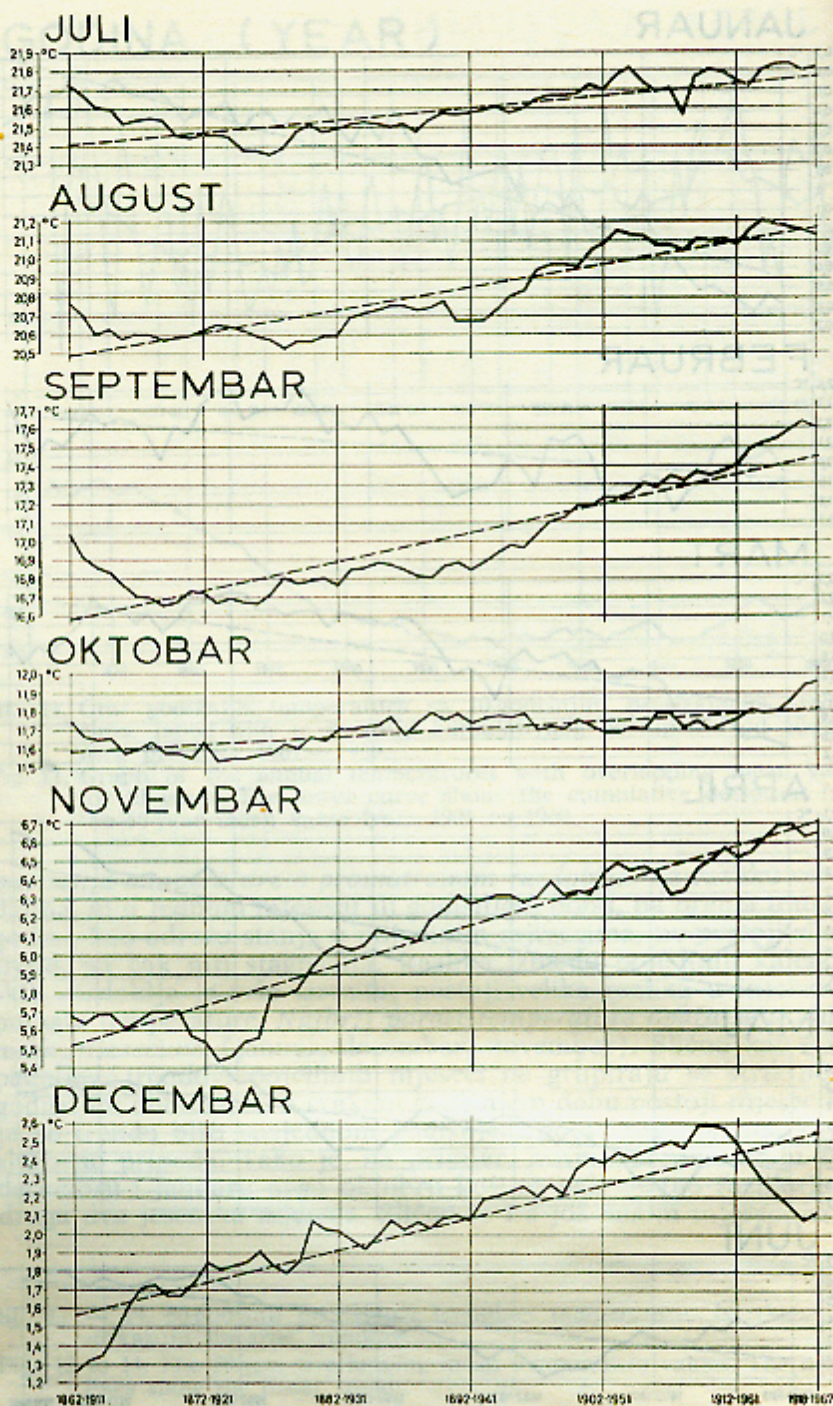
povišenja temperature u promatranom razdoblju. Za razliku od padalina, ni u jednom mjesecu ili godišnjem dobu, pa prema tome i u godini, kao odrazu stanja u pojedinim mjesecima, ne postoji silazni trend, pa čak niti stagnacija. Razlika između pojedinih kalendarskih razdoblja je vrlo izrazita; postoji velika razlika u intenzitetu porasta temperature. Najbrži porast temperature opaža se u »hladnim« mjesecima (januar, decembar, novembar). Slično kao i kod padalina, trendovi pojedinih mjeseci ne grupiraju se striktno po godišnjim dobima, tj. u svakom godišnjem dobu postoji mjesec koji je po trendu bliži susjednom godišnjem dobu, nego onome kojem službeno pripada. Tako je, na primjer, novembar po trendu bliži decembru i januaru nego oktobru koji se pak znatno razlikuje od druga dva jesenska mjeseca. Slično je i s još nekim mjesecima. Iz

Sl. 12 — 14. 50-godišnji presizajući srednjaci temperature; iscrtkane crte prikazuju linearne trendove.

Figs 12 to 14. The 50-year overlapping mean temperature values. The broken lines show the linear trends.

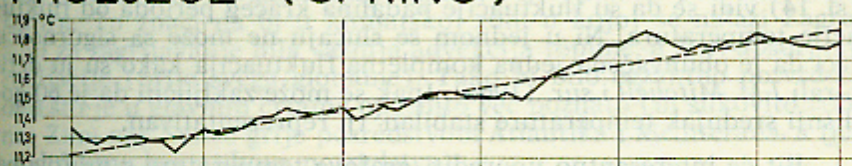


Sl. 12. — Fig. 12.

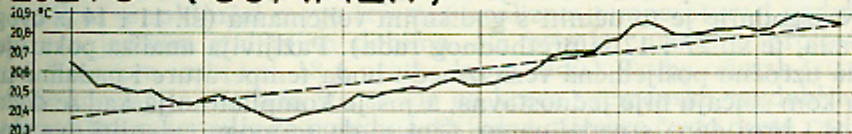


Sl. 13. — Fig. 13.

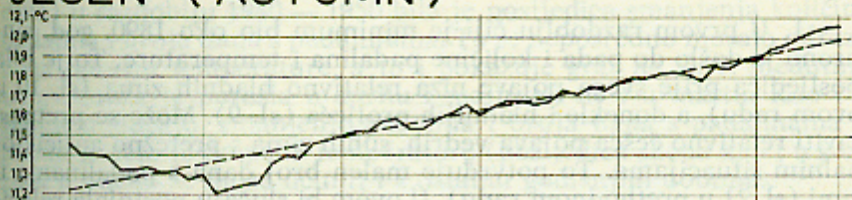
PROLJEĆE (SPRING)



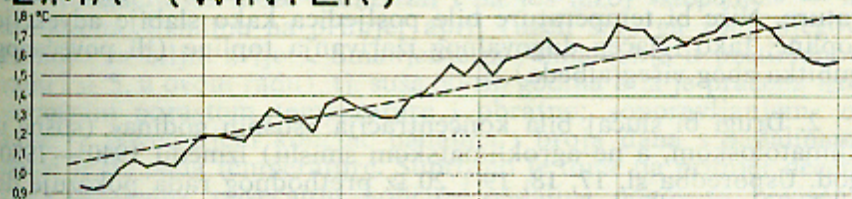
LJETO (SUMMER)



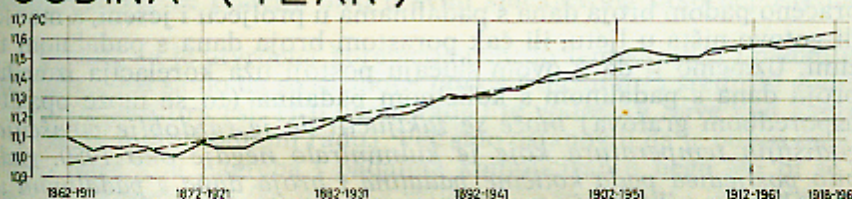
JESEN (AUTUMN)



ZIMA (WINTER)



GODINA (YEAR)



Sl. 14. — Fig 14.

svega ovoga se jasno može zaključiti da je opće otopljanje koje je konstatirano u promatranom razdoblju u Zagrebu prije svega posljedica otopljanja u mjesecima koji pripadaju hladnijem dijelu godine. Grubo i jednostavno rečeno, može se zaključiti da je opći trend otopljanja u Zagrebu posljedica češće pojave prosječno toplijih zima, a mnogo manje posljedica eventualno češće pojave toplih ljeta.

Analizirajući padaline u prethodnom radu i uspoređujući ih s fluktuacijom temperatura u pojedinim godišnjim dobima i godini (sl. 14) vidi se da su fluktuacije padalina kraćeg perioda od fluktuacije temperatura. Ni u jednom se slučaju ne može sa sigurnošću reći da je obuhvaćena jedna kompletna fluktuacija kako su ju definirali *J.M. Mitchell i sur.* (1966). Ipak se može zaključiti da je 60-godišnji srednjak temperature stabilan, tj. reprezentativan.

Bit će interesantno uporediti grafove temperature s grafovima i trendovima padalina i broja dana s padalinama iz prethodnog rada. Najzgodnije je to učiniti s godišnjim veličinama (sl. 11 i 14 iz ovog rada, te sl. 27 i 17 iz prethodnog rada). Pažljivija analiza pokazuje da uzročno posljedična veza između hoda temperature i padaline ni u kom slučaju nije jednostavna, a još je kompliciranija kad se doda još i broj dana s padalinama. Čini se da se mogu izdvojiti dva slučaja.

1. U prvom razdoblju čiji je minimum bio oko 1890. god. sinkrono je došlo do pada i količine padalina i temperature. To je bila posljedica prije svega pojave niza relativno hladnih zima (sl. 10 u ovom radu), a donekle i hladnijih proljeća (sl. 9). Može se pretpostaviti relativno češća pojava vedrih, suhih zima s pretežno anticiklonalnim situacijama. To potvrđuje malen broj dana s padalinama u zimi (sl. 21 u prethodnom radu). U ovom bi slučaju postojala relacija: manje padalina (manji broj dana s padalinama) — niže temperature. Niže bi temperature bile posljedica kako slabije advekcije topline, tako i jačeg dugovalnog izarivanja topline (ili povećanog gubitka zbog višeg albedu).

2. Drugi bi slučaj bila koncentracija »sušnih godina« (sušne u klimatološkom, a ne agroklimatskom smislu) između 1940 — 1950. god. Usporedba sl. 17, 18, 19 i 20 iz prethodnog rada pokazuje da je do niza sušnih godina došlo zbog češće pojave prosječno manjih količina padalina u proljeću i jeseni, a manje u ljetu. To je bilo praćeno padom broja dana s padalinama u proljeću i jeseni, a manje ili gotovo ništa u ljetu, ili čak porastom broja dana s padalinom u zimi. Uzmemo li da u ovom slučaju postoji uža korelacija između broja dana s padalinom s količinom padalina (to se može opaziti usporedbom grafova) može se zaključiti da je razdoblje povišenja godišnjih temperatura koje je kulminiralo negdje oko 1950. god. bilo posljedica pada količine padalina i broja dana s padalinom u proljeću, ljetu i jeseni, ali ne i zimi. To znači da je otopljavanje niza godišnjih, proljetnih i ljetnih kao i jesenskih temperatura sa središtem oko 1950. god. zacijelo posljedica relativno češćih vedrina što je dovelo do pojačanja globalne radijacije a time i zagrijavanja atmosfere u ovoj zoni. Osim toga, trend porasta srednjih godišnjih temperatura (sl. 11) djelomično je posljedica i porasta broja dana s padalinama i količine padalina u zimi (sl. 21 u prethodnom radu). U ovom drugom slučaju, tj. za »toplo« razdoblje sa centrom negdje oko 1950. vrijedila bi relacija: manje padalina (manji broj dana s padalinama) jača globalna radijacija, a time i viša temperatura.

Prema tome: smanjenje količine padalina (i broja dana s padalinama) zimi dovodi do pada temperatura, a ljeti pak do porasta temperatura. To znači da bi u klimatskoj zoni u kojoj se nalazi Zagreb zimi za zagrijavanje bila važnija advekcija topline, a ljeti apsorpcija radijacije (prije svega globalne). Tako bi bilo egzaktno potvrđeno ono što je u glavnim crtama općenito već poznato (ili slikovito rečeno: Zimi nas Sunce grije posredstvom Atlantika i Mediterana, a ljeti — direktno bez njihova posredstva).

Slični se zaključci mogu izvesti i analizom temperature i padalina u pojedinim godišnjim dobima. Na primjer, uzmimo proljeće (sl. 9 u ovom radu i sl. 18 u prethodnom radu). Treba odmah istaći da je korelacija sve teža što se ide na kraća vremenska razdoblja i to zato što se krivulje za pojedine susjedne mjesece često dosta razlikuju. Velika suša (čak i u agroklimatskom smislu; niz nerodnih godina) u razdoblju 1940 — 1950 bila je posljedica smanjenja količine padalina i broja dana s padalinama. To se neposredno moralo odraziti na porastu temperature, a to i pokazuje graf na sl. 9. Međutim, temperatura je porasla u aprilu i maju, ali ne i u martu. Kao i u gornjem slučaju, smanjenje padalina i broja dana s padalinama u martu dovelo je do pada temperature (posljedica slična kao i u sred zime). Slično se može učiniti i s ostalim godišnjim dobima.

Korelacija se može istraživati i na još nižoj »stepenici« — na mjesecima. Uzmimo na primjer april (uzeli smo ga zbog njegove važnosti za biljni svijet). Smanjenje padalina (sl. 8 u prethodnom radu i sl. 5. u ovom radu), tj. suša 50-tih godina bila je praćena istovremenim porastom temperature i obratno; »oporavljanjem« od suše, tj. povećanjem količine padalina i broja dana s padalinama došlo je do pada temperature. Suprotno je tome na primjer decembar. »Svakom« povećanju količine padalina odgovara povišenje temperature i obratno; smanjenje količina padalina dovodi do pada temperature. Te relacije nisu u svim slučajevima tako neposredne.

Budući da je utvrđena korelacija između temperatura i padalina, preostaje još samo da se razmotri odnos između niza srednjih godišnjih temperatura (sl. 11 u ovom radu) te vodostaji Save kod Zagreba (sl. 28 u prethodnom radu). Već smo ustanovili da je odnos vodostaja Save kod Zagreba i padalina kompliciraniji nego što bi se u prvi mah pomislilo. To još više vrijedi kad se dodaju i temperature. Usprkos tome, kompariranje grafova otkriva da relacija postoji. Izrazita sušnost u razdoblju 1940 — 1950, koja je bila praćena mnogo duljim nizom prosječno niskih vodostaja Save bila je praćena općim porastom srednjih godišnjih temperatura. I obratno. Viši vodostaji Save u prvoj polovini promatranog razdoblja uglavnom se podudaraju s (nešto kraćim) razdobljem »zahlađenja«. Uzmimo li se u obzir sve ograde koje su spomenute u prethodnom članku, povezanost opisanih procesa je više nego zadovoljavajuća.

Literatura

MITCHELL J. M., DZERDZEEVSKII B., FLOHN H., HOFMEYR W. L., LAMB H. H., RAO K. N. I WALLÉN C. C.: Climatic Change. World Meteorological Organization, Technical Note No. 79, Genève 1966.

PENZAR B., VOLARIĆ B. I PENZAR I.: Prilog poznavanju sekularnih kolebanja temperature i oborine u Jugoslaviji. Zbornik radova povodom proslave 20 godina rada i razvoja hidrometeorološke službe Jugoslavije 1947—1967, 63—89, Beograd 1967.

SEGOTA T.: Sekularne fluktuacije padaline u Zagrebu. Geografski glasnik XXXI, 5—55, Zagreb 1969.

Summary

SECULAR FLUCTUATIONS OF TEMPERATURE IN ZAGREB, CROATIA
by

T. Segota

This article is in fact the continuation of a study published by the same author in the previous issue of *Geografski glasnik*. It was written in accordance with some recommendations given by the Working Group on Climatological Normals of the WMO Commission for Climatology. The results of the investigation can be summarized as follows:

1. The graphical representation is not uniform due to some mathematical difficulties arising from the fact that some winter numerical values must be divided very nearly to zero.

2. In spite of the great variability of decennial temperature means, it is possible to discern the general tendency towards warming.

3. The computation of standard deviation and the coefficient of variation reveal the fact that the variability of temperature is much bigger in cold than in warm months.

4. The linear trends of overlapping 50-year means clearly reveal the general upward trends of temperature. The warming is especially strong in cold months and in the winter as a whole. This means that the general warming of the climate in this area is the result of greater winter (but not summer) temperatures.

5. The casual relationship between temperature and precipitation is not simple. In general one can conclude that: a) smaller precipitation in winter (especially evident in the period till about 1890) caused the lowering of temperature, and b) smaller precipitation in warm months caused the increase of temperature. This points to the climatological importance of the advection of heat in colder months, and the influence of cloudiness and the duration of insolation on the temperature in general. Hence the economically very important — in a negative sense — spring droughts in the period 1940 — 1950 were accompanied by sudden increase of temperature.