

- ustrezna opremljenost, pripravljenost in usposobljenost štabov CZ, RBK enot in računsko analitskih skupin.

In še bi verjetno lahko kaj našli. Razčiščenje teh vpršanj je pred nami in kar nekaj jih bomo morali razrešiti na zvezni ravni.

ALI NAM GROZI POSLABŠANJE PODNEBJA?

Ivan Gams* Marko Krevs**

1. Čopič, M., 1984. Smernice za izdelavo ocen ogroženosti in pripravo ukrepov civilne zaštite ob morebitnih jedrskih nesrečah v JE Krško. Republiški komite za energetiko, Ljubljana.
2. Martinčič, R., B. Pucelj: Operativni načrt za vzdrževanje stalne pripravljenosti za čiščenje radioaktivnega onesnaženja okolja, hrane in krme, Osnutek, RSCZ, november 1985.
3. Martinčič, R., 1989. Načrt ukrepov ob nesrečah z radioaktivnimi snovmi, Poljče.
4. Republiški načrt ukrepov za zaščito in reševanje – Načrt NEK 1, 2 in »R«, Ljubljana 1982.
5. RUJV: Poročilo o uporabi jedrske energije v letu 1988, oktober 1989.
6. Trampuž, M., 1989. Varstvo okolja pred ionizirajočimi sevanji. Zbirka zveznih predpisov Jugoslavije, ZVD SRS.
7. Ušeničnik, B., 1984. Organiziranost in delovanje civilne zaštite ob morebitnih izrednih dogodkih v JE Krško, Poljče.

Svet je spričo črnogledih napovedi zaskrbljen zaradi možnosti, da bi topla greda povzročila poslabšanje podnebja. Klimatologi ne dajejo nespornih odgovorov, ki bi bili podlaga za preventivno ukrepanje zoper suše in druge naravne nesreče. Članek skuša s statistično analizo slovenskih meteoroloških postaj, zlasti mesečnih temperatur in padavin v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–1985, v povojni dobi pa tudi na Kredarici (2514 m), ugotoviti, ali so sedanje podnebne razmere zares izjemne.

Svetovno življenje in gospodarstvo sta naravnana na povprečno podnebje. Zato človek misli, da bi vsaka sprememba klime prinesla potrebo po novem prilagajanju, s tem pa tudi stroške in nemir.

Mišljene so hitre spremembe v času ene generacije. Spremembe v razponu geološke dobe nas ne vznemirjajo. Vemo, da je bila v celinski Sloveniji pred nekaj milijoni let povprečna letna temperatura okoli 16 do 20°. Po prehodu v kvartarno dobo pred dvema milijonoma let se je začela močna ohladitev in zadnje pol milijona let je bil podnebni nemir izreden. Še ne povsem ugotovljeno število ohladiitev so prekinjale otoplivitve. Vsaka naslednja ohladitev je bila močnejša. V zadnji ledeni dobi je bila, sodeč po primerjavi tedanje in sedanje snežne in gozdne meje, temperatura za ok. 8° nižja od sedanje. Po splošnem mnenju so ledenodobne ohladiitve in otoplivitve nastopile hitreje, kot je znanost do zdaj domnevala. Na začetku holocenske dobe je bila temperatura višja od današnje, kar pomeni otoplitev za ok. 10° v pet tisoč letih. V sledeči atlantski dobi je bila temperatura nižja, v srednjem veku spet višja. Sledilo je ohlajevanje do prve polovice 19. stol. Visok ledostaj alpskih ledenikov sredi preteklega stoletja označujejo v glaciologiji za malo ledeno dobo. Odtlej temperature spet rastejo. Po trajanju in temperaturah je holocen izredno topla interstadialna, še bolj verjetno pa običajno topla interglacialna doba, to je pred bodočo (peto, šesto, ne ve se točno) ledeno dobo. Napoved bo tako dolgo brez znanstvene podlage, dokler ne bodo znani vsi vzroki za kvartarne ohladiitve na Zemlji. Seveda temperature med temi spremembami nikoli niso od leta do leta enakomerno naraščale v času otoplitev in se prav tako niso enakomerno zniževale v času ohlajevanja. Ves čas so nihale (oscilirale) in npr. otoplitev je nastala, ko se je po nihanju temperatura zaustavila na višjem izhodišču za naslednji nihaj. Tudi znotraj večjega nihaja so manjši, ki trajajo različno dolgo. Tak značaj podnebja nam otežuje napovedovanje klimatskega razvoja na podlagi komaj dobri dve stoletji dolge dobe instrumentalnega opazovanja.

Ta kratek pregled pleistocenske klime je bil potreben za naše razpravljanje, ali smo v dobi splošnega ogrevanja Zemlje zaradi človekovega delovanja oziroma učinka t. i. tople grede. Predvsem to vznemirja svetovno javnost. Delovanje tople grede je obrazložila že 3. številka Ujme (15, 14–15). Človeštvo spravlja predvsem z izgorevanjem fosilnih goriv v ozračje velike količine dušikovih oksidov, metana, klorofluorovodika in zlasti ogljikovega dioksida. Slednjega naj bi poslali v zrak približno pet milijard ton na leto, količina pa še vedno narašča (14, str. 288–289). Po fizikalnih zakonitostih bi se to moralo odraziti v povečani temperaturi na Zemlji. O tem, ali je že prišlo do povišanja temperature in kolikšno bo to povišanje v naslednjem polstoletju, si klimatologi niso enotni. Njihova mnenja bi lahko združili v tri skupine:

1. V tem stoletju se je svetovno ozračje zaradi tople grede otopilo za več desetink stopinje Celzija. Ob podvojitvi sedanje koncentracije bo na začetku prihodnjega tisočletja temperatura porasla za 2–5,5°. Zato je treba takoj ukrepati.

2. Dvig temperature ozračja je manjši, kot bi moral biti po doslej znani shemi delovanja tople grede, in manjši je tudi registrirani porast CO₂. Vendar mora človeštvo začeti preventivno ukrepati že zdaj, dokler je še čas.

3. Splošni dvig temperature svetovnega ozračja ni dokazan. Gre le za naravno nihanje, ki pa ni enako po vsem svetu. Nekateri predeli registrirajo v zadnjih desetletjih rahel dvig, drugi padec temperature. Z ukrepi je treba počakati, dokler znanost ne bo ugotovila resnice. Meteorologija zmore trenutno napovedati vreme natančneje le za nekaj dni, manj natančno največ za 8 do 10 dni. Kako bi torej mogla napovedati razvoj v nadaljnjem polstoletju?

Namen tega članka ni navajati argumente in protiargumente, na katerih slonijo gornja naziranja in zlasti napovedovanja bodočega podnebnega razvoja. Omejuje se predvsem na ugotovitev, da sodobno meteorološko raziskovanje, tudi s pomočjo satelitov, pospešeno raziskuje dejavnike,

* Prof. dr., FF, Oddelek za geografijo, Aškerčeva 12, Ljubljana.

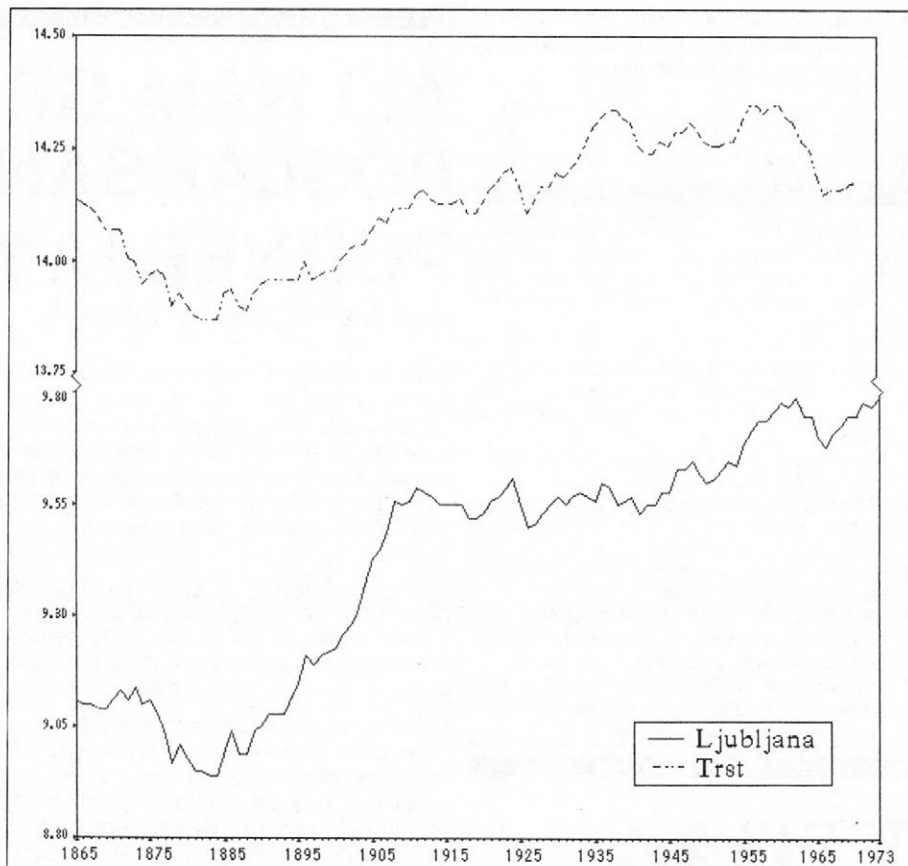
** Absolvent geografije, Tončke Čečeve 31, Ljubljana.

UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA

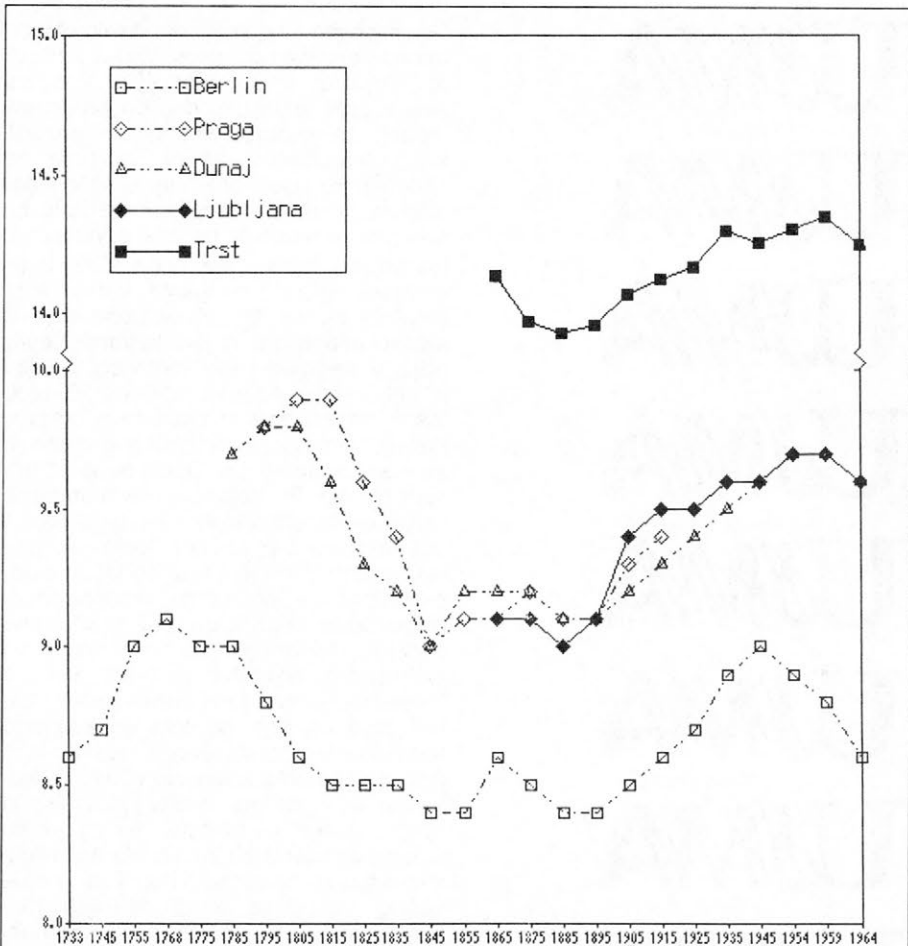
148 ki vplivajo na svetovno toplotno bilanco, in to v laboratorijih preverja s pomočjo simulatorjev. Znatno del meteorologov in klimatologov išče povezavo med spreminjanjem podnebja v različnih predelih sveta. Glavno gibalno iščejo predvsem v tropih, ki so ognjišče zračne in vodne toplote, od koder jo oceanski in zračni tokovi prenašajo v višje zemljepisne širine. To smer raziskovanja je na začetku osemdesetih let pospešil predvsem El Niño, ki je po novjšem spoznanju pogost pojav v tropih in domnevno vpliva na celotno Zemljo. V mnogih njenih predelih so opazovalnice še preredke, da bi lahko povezali globalno vremensko in klimatsko dogajanje. Še zlasti, odkar vemo, da segajo vplivi z ene poloble na drugo. Del bolj smelih klimatologov se res podaja na manj trdna tla podnebnega napovedovanja za bodočnost, toda navadno le v obliki scenarijev: ob taki ali drugačni antropogeni spremenjenosti ozračja utegnejo nastopiti take ali drugačne spremembe (npr. Flohn, 1985). Enotnega mnenja znanstveniki ne oblikujejo niti na državnih konferencah (npr. strokovnjakov v ZDA, World Climate Conference, 1979), kaj šele na mednarodnih. Svetovna javnost, prestrašena zaradi črnogledih napovedi, pa ne utegne čakati nekaj desetletij, ko bi ji znanost dala nedvoumne odgovore. Prek svojih vladnih in nevladnih organizacij zahteva od svetovnega meteorološkega združenja (WMO) znanje o sedanjih in bodočih spremembah. Že več kot desetletje, predvsem pa po svetovni konferenci v Ženevi l. 1979 (19), se zato vrstijo svetovna posvetovanja, kjer pa se javljajo različna mnenja o sedanjih spremembah in o bodočem podnebnem razvoju. Novembra 1989 je bila v letovišču Noordwijk na Nizozemskem mednarodna ministrska konferenca o vplivu onesnaževanja zraka na ogrevanje Zemlje in biološke cikle. Večina od 65 zastopanih držav je bila za takojšnje ukrepe, glavne onesnaževalke, ZDA, Japonska in SZ, pa za ukrepanje po končanih znanstvenih raziskavah, torej v smislu tretje, predhodno navedene skupine mnenj (gl. poročilo v Delu, 10. nov. 1989, str. 5). Za prvo polovico l. 1990 je že napovedana naslednja mednarodna konferenca o podobnih vprašanjih.

Temperaturno nihanje

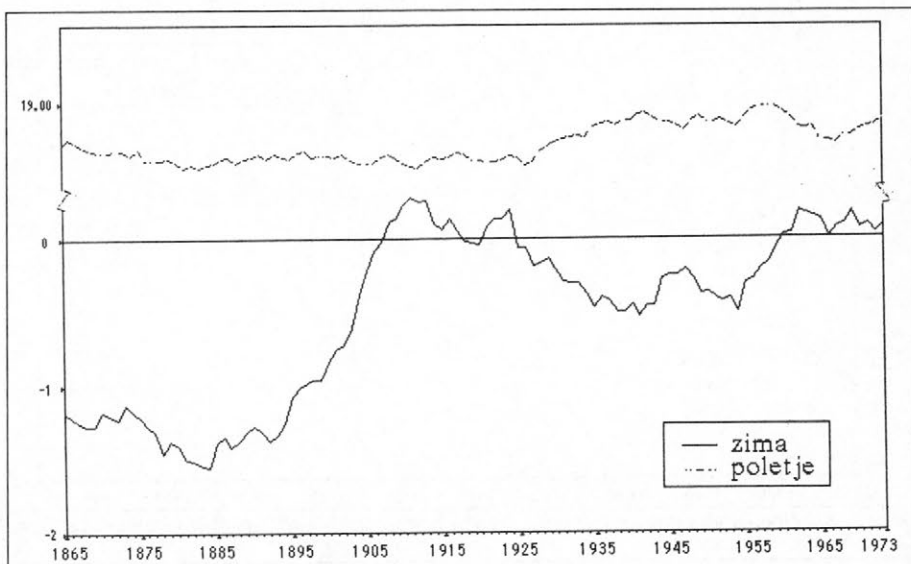
Ker imamo v Sloveniji razmeroma staro instrumentalno vremensko opazovanje, lahko na te podatke opremo razpravo o spreminjanju podnebja od srede preteklega stoletja dalje. Soavtor M. Krevs (10) je statistično obdelal najstarejši postaji Trst (18) in Ljubljano (Arhiv HMZ). Iz tega vira povzemamo izrazitejšie spremembe, ne pa tudi njegovega testiranja statistične pomembnosti rezultatov. Tu navedene zveze so statistično pomembne. Na sliki št. 1 so prikazana tridesetletna drseča povprečja temperatur. Zveznici obeh postaj sta v osnovi skladni: po temperatur-



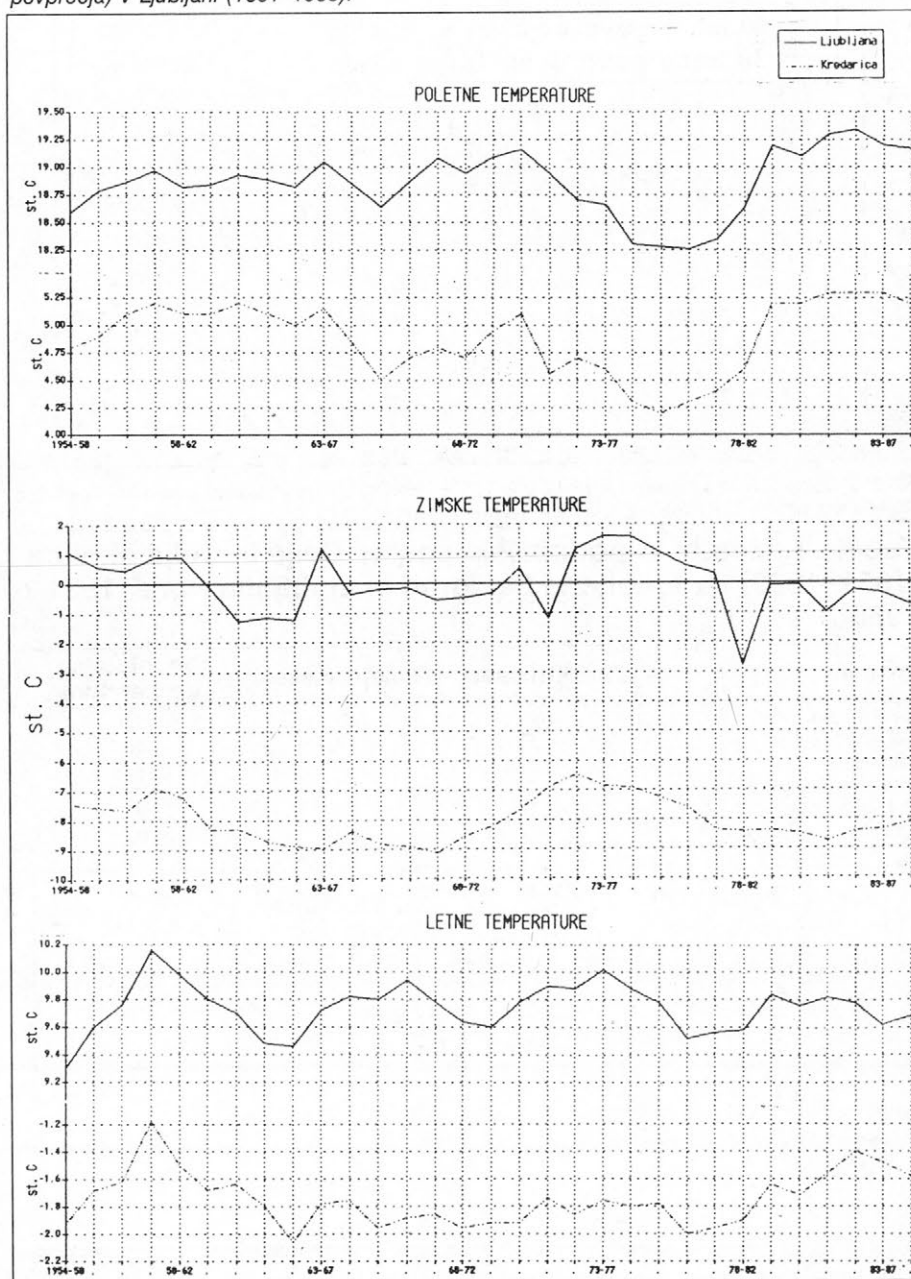
Slika 1. Zglajeni potek (30-letna drseča povprečja temperatur) v Ljubljani (1885–1988) in Trstu (1851–1985).



Slika 2. 30-letna povprečja (z desetletnim razmikom) temperatur za Berlin, Prago, Dunaj, Ljubljano in Trst.



Slika 3. Poletne (VI., VII., VIII. mesec) in zimske (XII., I., II.) temperature (tridesetletna drseča povprečja) v Ljubljani (1851–1988).



Slika 4. Nihanje poletnih, srednjih letnih in zimskih temperatur (petletna drseča povprečja) v Ljubljani in na Kradarici (2514 m) v obdobju 1954–1989.

nem nižku v letih 1877–1890 je sledil 149 porast do vrhunca, ki je bil v Trstu med 1930 in 1955, v Ljubljani od 1966 naprej. Na začetku šestdesetih let se je temperatura za kratek čas znižala, odtlej pa zlasti v Ljubljani narašča. Dosedanji porast 30-letnih povprečij po nižku konec preteklega stoletja je bil v Ljubljani $0,8^{\circ}$, v Trstu $0,3^{\circ}$. Če bi se temperature zviševale samo zaradi vpliva tople grede, bi pričakovali na obeh postajah enakomerno rast, pospešeno predvsem v času povojne industrializacije. Vmesna nihanja kažejo, da je naravno podnebno nihanje pomembnejše od morebitnega postopnega ogrevanja ali da prvega vsaj maskira.

Najstarejše srednjeevropske postaje omogočajo ugotavljanje nihanja za nazaj, do začetka 18. stol. (slika št. 2). Za Berlin, Prago in Dunaj so podatki (17, str. 118) za 30-letne nize. Da bi odpravili vpliv mesta, so temperature Berlina znižali skladno z rastjo mesta in z razlikami do le malo manj stare postaje Hohenpreisenberg. Znižanje je bilo različno, po nizih med $0,3$ in $0,9^{\circ}$.

Od srde preteklega stoletja dalje imajo postaje dokaj podoben temperaturni razvoj. Pri Ljubljani in Trstu zabeleženi nižek let 1877–1890 je na ostalih treh postajah podaljšan konec prve polovice preteklega stoletja. Najstarejša postaja Berlin je imela prej še en nihaj. Na njegovem višku v začetku druge polovice 18. stoletja so bili tridesetletni nizi toplejši od teh sredi tega stoletja oziroma v povojni dobi. Del klimatologov trdi, da je zviševanje temperature v tem stoletju le navidezno. Skoraj vse starejše postaje so namreč v mestih. Njihove temperature rastejo z razširjanjem mesta.

Oceno mestnega vpliva pri nas omogočata dve dvojici istočasno delujočih postaj v mestu in okolici, in sicer v Celju (16, str. 289) in v Ljubljani (4). Glej tabelo 1. Dvojici res kažeta, da je v omenjenih, takrat še majhnih mestih, temperatura za okoli pol stopinje Celzija višja od okolice.

Pri teh in pri drugih podatkih bi lahko razpravljali o točnosti starejših meritev, o menjavi njihovih lokacij, prekinitvah, tehničnih napakah ipd. Za to tu ni prostora, ne za komentiranje tabele št. 2, ki kaže, da so od konca preteklega stoletja temperature narastle predvsem v mestih, manj ali nič na podeželskih postajah (Vira: 6; 8).

Posplošeno lahko trdimo, da se je v tem stoletju otoplila predvsem zima, in to v mestih bolj kot v manjših krajih, poletje pa je marsikje na podeželju rahlo hladnejše. Podoben razvoj so imele v tem času tudi avstrijske višje postaje (11). Da se je enak razvoj nadaljeval po vojni, vidimo iz primerjave nizov 1931–1960 in 1956–1985 (1). Zadnji niz ima v zimskih mesecih višje temperature: v Ljubljani za $0,3^{\circ}$, pa v Teznu v Mariboru za $0,6^{\circ}$, v Javorju (695 m) nad Poljansko dolino za $0,2^{\circ}$, na Planini pod Golico (ok. 1085 m) za $0,1^{\circ}$, v Gomaneh pa za $0,1^{\circ}$ nižjo. Poletni meseci so bili toplejši v Ljubljani za $0,1^{\circ}$, v Mariboru za $0,2^{\circ}$, na Planini pod Golico

150 za $0,1^{\circ}$, v Javorju hladnejši za $0,2^{\circ}$ in v Gomanceh za $0,1^{\circ}$. V povojnem nizu je letna temperatura višja v Ljubljani za $0,2^{\circ}$, v Mariboru za $0,3^{\circ}$, v Gomanceh za $0,1^{\circ}$, drugod je ostala enaka. Izjema je Babno polje, ki je postalo pozimi hladnejše za $0,1^{\circ}$, poleti za $0,5^{\circ}$ in celoletno za $0,2^{\circ}$. Slika št. 3 kaže, da je bil najhitrejši zimski temperaturni dvig na začetku tega stoletja in v šestdesetih letih, ko je Ljubljana najhitreje rastla. V tridesetih in štiridesetih letih so se zimske temperature rahlo znižale. Pri tem pa je treba računati tudi s spremenjeno lego vremenske postaje. Poletne temperature (zgornja črta) so porasle zelo malo.

Razlike v povojnem temperaturnem nihanju v mestu Ljubljani in v višjih gorah (Kredarica, 2514 m), kjer okolica ni bila spremenjena, prikazuje slika št. 4. Prikazana so petletna drseča povprečja.

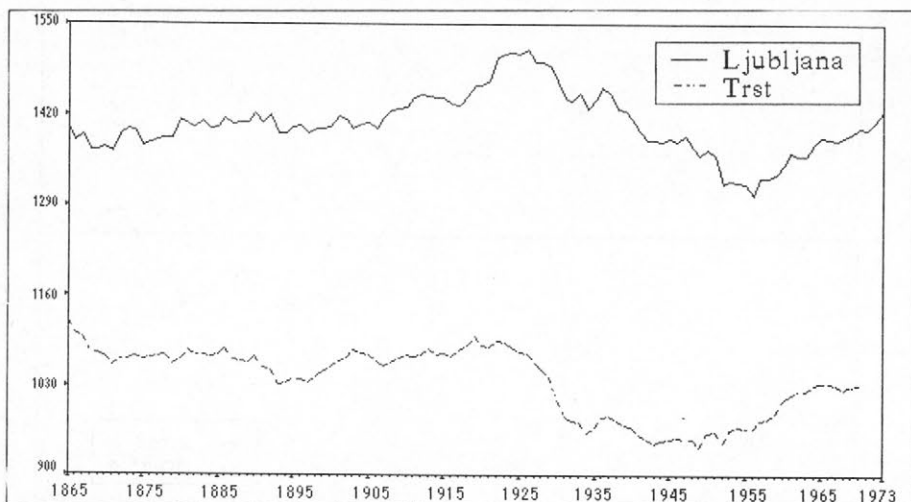
Zimsko znižanje temperature konec petdesetih let in v šestdesetih je skupno obema postajama. Sledi dvig do srede sedemdesetih let in nato upad. Potek poletnih temperatur je na obeh postajah obraten, porast v petdesetih in ranih šestdesetih letih, nato upad in od konca sedemdesetih let porast. Skupna je občutna ohladitev v vegetacijski, zlasti poletni dobi v sedemdesetih letih.

Po Mattson-Rappu (12) so se temperature tedaj rahlo znižale tudi v severnejši Srednji in v Severni Evropi, ker da se je ohladila voda v Severnem Atlantiku. Vzrok naj bi bil dvig temperature v Gvinejskem zalivu v šestdesetih letih in upočasnitev ekvatorialnih morskih tokov proti Karibskemu morju. Od tu naj bi Zalivski tok dovajal proti Evropi hladnejše vode. Na Kredarici so se poletne temperature v osemdesetih letih dvigale. Letne povprečke je dvigovalo nekaj toplih poletij in jeseni z dolgotrajno prevlado azorskega anticiklona, ko so se višinske temperature dvignile znatno bolj kot nižinske (Gams, 1988).

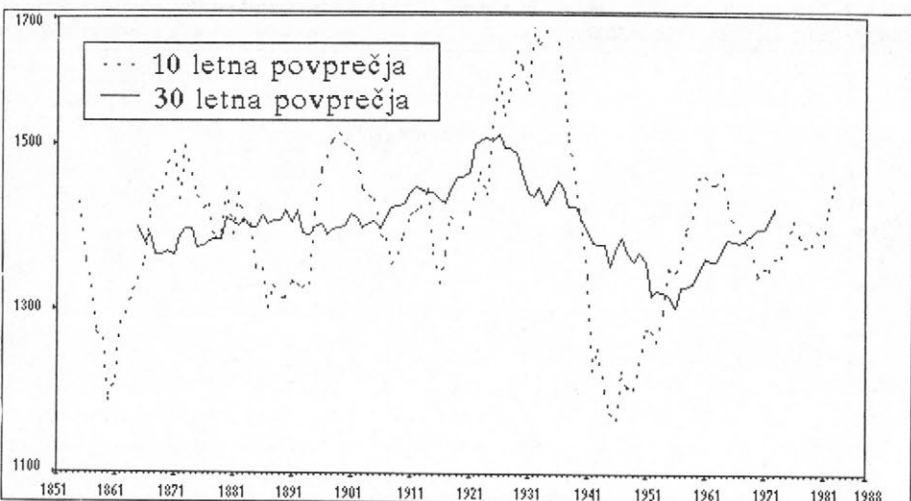
Če dobo povojnega opazovanja na Kredarici razdelimo na dva dela, dobimo naslednje vrednosti:

Za ugotavljanje podnebnih nihanj je postaja višjega reda na Kredarici pomembnejša od nižinskih v naseljih. Dokazuje, da se po vojni poletne temperature niso spremenile, občutno pa se je otoplila zima. Letne temperature so kljub znatno toplejši zimi le rahlo višje. Po toplih zimah v l. 1988 in 1989 je zadnje petletje (1985–1989) doseglo temperaturne vrednosti, ki so nad povojnim povprečkom.

Če primerjamo naše postaje (slika št. 2) z ostalimi srednjeevropskimi, spoznamo, da najnovejše tridesetletno povprečje še ni doseglo temperatur ob koncu 18. stoletja; seveda, če so bile meritve v Berlinu, na Dunaju in Pragi točne. Povojno temperaturno nihanje je torej še vedno v okviru naravnega v zadnjih dveh stoletjih in pol.



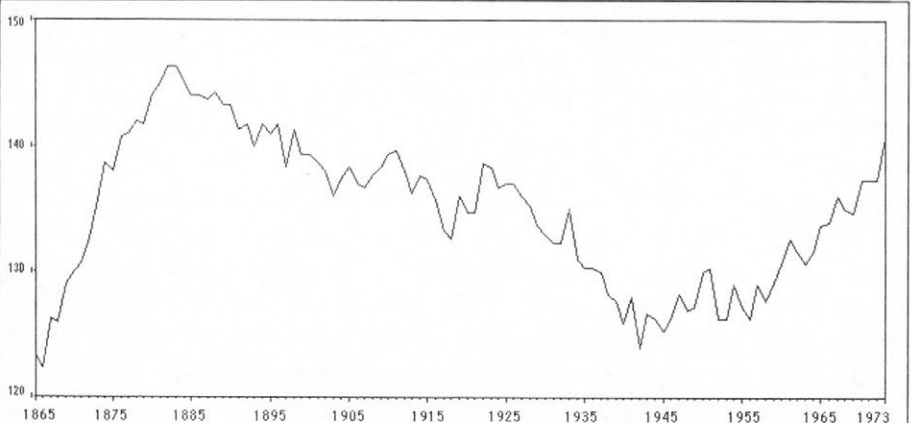
Slika 5. Količine letnih padavin (30-letna drseča povprečja) v Ljubljani (1851–1988) in v Trstu (1851–1985).



Slika 6. Letne količine padavin v Ljubljani (1851–1988): a) letne množine padavin in petletna drseča povprečja, b) 10-letna in 30-letna drseča povprečja.

Tabela 1. Mestni in podeželski postaji Celje in Celje okolica (1851–1880) ter Ljubljana Bežigrad in Ljubljana Polje (1931–1960).

Postaje	Zimski meseci	Poletni meseci	Srednja letna temperatura
Celje mesto	-0,6	19,4	9,7
Celje podeželje	-1,2	18,4	8,4
Razlika	0,6	1,4	1,3
Ljubljana Bežigrad	-0,3	18,8	9,5
Ljubljana Polje	-0,8	18,1	9,0
Razlika	0,5	0,7	0,5



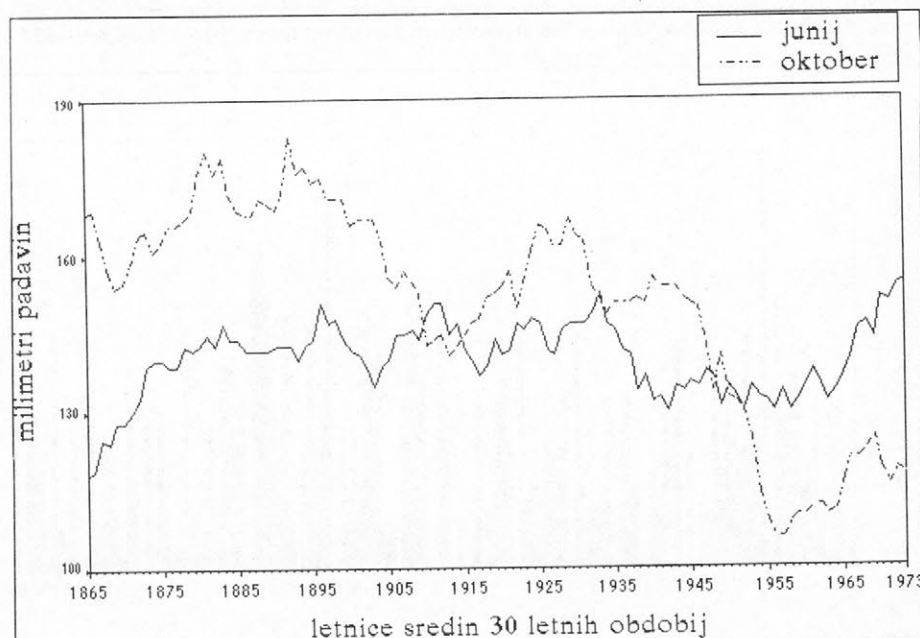
Slika 7. Poletne (VI., VII., VIII. mesec) količine padavin (30-letno povprečje) v Ljubljani 1851–1988.

Tabela 2. Temperature izbranih mestnih in podeželskih postaj v nizih iz preteklega stoletja in niza 1925–56

Postaja		Januar	Julij	Srednja letna temperatura
Ljubljana	1851–1880	-2,3	19,7	9,1
	1925–1956	-1,7	19,7	9,5
Celje	1851–1880	-1,6	20,2	9,7
	1926–1956	-2,3	19,1	9,0
Krško	1851–1880	-1,2	20,1	9,7
	1925–1956	-0,7	19,7	10,1
Postojna	1851–1880	-1,2	18,8	8,7
	1925–1956	-1,6	17,8	8,3
Novo mesto	1851–1880	-1,6	20,1	9,4
	1925–1956	-1,5	19,5	9,5

		Poleti	Pozimi	Letna temp.
Povprečna temperatura	1954–1971	4,90	-8,25	-1,82
Povprečna temperatura	1972–1989	4,88	-7,48	-1,69

(Zimska temperatura, ki vključuje tudi december prejšnjega leta, je pripisana letu, v katerem sta januar in februar).



Slika 8. Junjske in oktobrske padavine (30-letna drseča povprečja) v Ljubljani (1851–1988).

Padavine

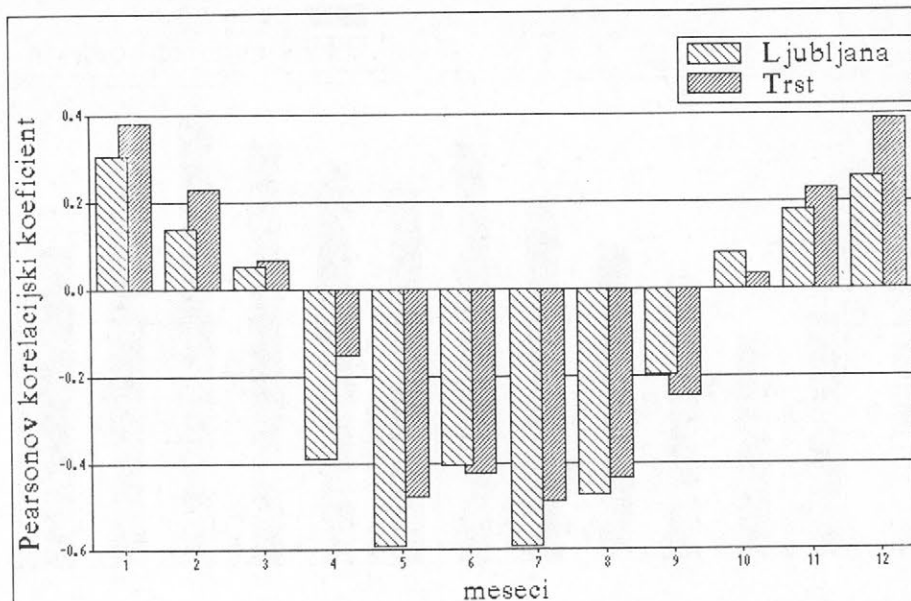
Na nizkih obmorskih ravninah se človeštvo boji otoplitve zaradi dviga oceanske gladine in morskih poplav (Bangladeš, Nizozemska), drugod pa predvsem zaradi znižanih »efektivnih«
padavin oz. povečane nevarnosti suše. Zato je zanimiv razvoj padavin postaje Ljubljane (1851–1988) v primerjavi s Trstom (1851–1985) v poldrugem stoletju (slika št. 5).

Zveznici sta dokaj vzporedni, le da so v Ljubljani v prvem in drugem desetletju padavine bolj narasle in nato bolj upadle do nižka sredi tega stoletja. Tudi odtlej naraščajo hitreje kot v Trstu. V zadnjem času so 30-letna povprečja na obeh postajah blizu povprečja za poldrugo stoletje.

Kot pri temperaturah tridesetletna drseča povprečja tudi pri padavinah nekoliko zamaskirajo krajše oscilacije. Prav te pomenijo večjo potencialno nevarnost za suše. To spoznamo iz slike št. 6.

Iz primerjave med zveznico letnih količin padavin in petletnimi drsečimi povprečji (a) izhaja, da so ob višjih in nižjih petletnih povprečjih zelo močna letna odstopanja padavin. V letih visokih povprečij je nekaj zelo suhih let. Med nizkimi petletnimi povprečji in »suhimi leti«
med sredo preteklega in sredo tega stoletja je preteklo okoli 30 let. V drugi polovici tega stoletja pa je 30-letna oscilacija prenehala. Diagram pod b) razodeva, kako tridesetletna drseča povprečja včasih povsem zabrišejo desetletna, še bolj pa seveda enoletne padavinske vsote.

Če ima nekaj zadnjih let manj padavin, še ni nujna povečana nevarnost suše. Pomembnejša od celoletne je poletna količina padavin, njihova časovna razporeditev in zlasti razmerje do zračne temperature (in vetra). Zato so zanimive spremembe poletnih padavin dobe 1851–1988, prikazane na primeru postaje v Ljubljani (slika št. 7). Vidimo, da so poletne padavine v tretjem četrtletju preteklega stoletja hitro naraščale, nato pa počasneje upadle vse do štiridesetih let tega stoletja. Odtlej se spet dvigujejo, a so še vedno pod zveznico pred tri četrt stoletja.



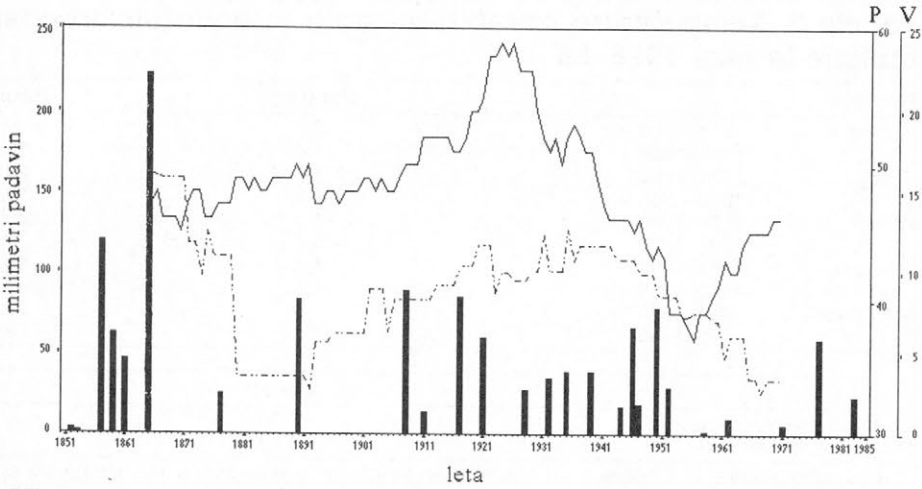
Slika 9. Korelacijski koeficienti med mesečnimi temperaturami in padavinami obdobja 1851–1985 v Ljubljani in Trstu.

152 Podatki s Kredarice bolj kot podatki z nižinskih postaj nakazujejo naslednjo zvezo med poletnimi padavinami in temperaturami: povečane padavine se ujemajo z nižjimi temperaturami (Gams, 1984). Zvezo med nizkimi temperaturami in višjimi padavinami lahko tolmačimo s pogostejšim ciklonialnim vremenom ali s procesi pri nastajanju padavin. Ob dviganju segretega zraka od tal v višino prihaja ob nižjih temperaturah v višini Kredarice prej do kondenzacije in do izločanja padavin. V obeh primerih moramo predvidevati intenzivnejše pritekanje poleti hladnejših zahodnih oceanskih zračnih gmot. Kot dokazujeta sliki št. 4 in 7, so bila sedemdeseta leta hladnejša in v Ljubljani tudi bolj padavinska. Tedaj so tudi najbolj upadle oktobrske padavine, ki v povojnem povprečju zaostajajo za poletnimi meseci. Zato se je ozemlje z viškom padavin v enem od poletnih mesecev razširilo iz severovzhodne in vzhodne Slovenije vse do Ljubljanske kotline (5). Te spremembe se odražajo iz poteka junijskih in oktobrskih padavin, izglajenih v tridesetletna povprečja, postaje Ljubljana v obdobju 1851–1988 (slika št. 8).

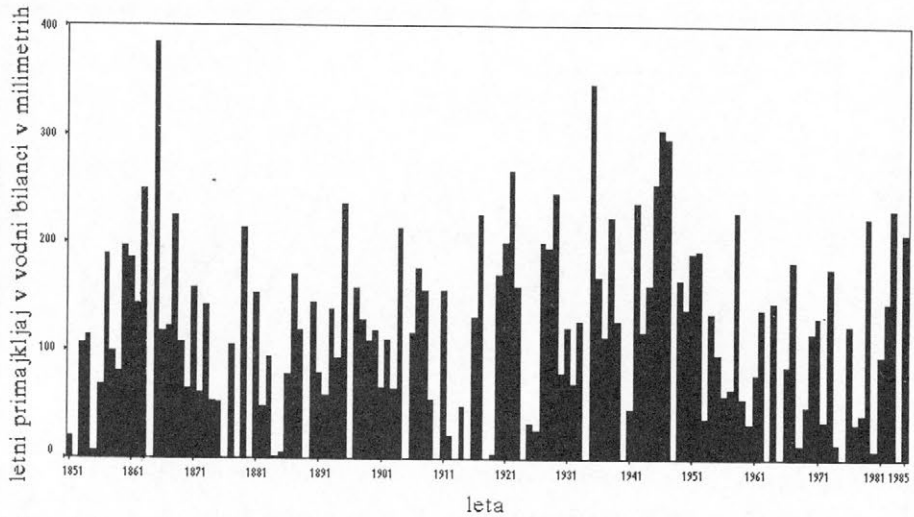
Junijske padavine so bile najmanjše v začetku druge polovice preteklega stoletja, ko je l. 1865 znašalo tridesetletno povprečje letnih padavin komaj okoli 1200 mm. Po dvigu v tretji četrtini preteklega stoletja se je vsota do srede tega stoletja gibala okoli 1400 mm. Po zadnjem znižanju se je zadnje tridesetletno povprečje, ki še vključuje leto 1988, dvignilo nad najvišjo raven iz prve polovice tega stoletja. Zadnja sušnejša leta vlečejo krivuljo spet navzdol. Potek 30-letnih povprečij za oktobrske padavine je v tem stoletju bistveno drugačen. Prvi upad je nastopil na začetku tega stoletja, drugi pa na začetku njegove druge polovice.

Rahel porast poletnih padavin, zadnji dve desetletji zlasti junijskih, bi zmanjševal potencialno nevarnost suše, če bi bile temperature enake ali nižje. Postaja Ljubljana pa v stoletnem povprečju izkazuje rahel porast temperature v vseh mesecih leta, razen v oktobru, ki se je edini ohladil. Splošna otoplitev v Ljubljani je učinek mestne klime. To uvidimo, če jo primerjamo s Trstom, kjer je vremenska postaja blizu obale, na robu mesta, in je zato manj pod klimatskim vplivom naselja. (Tabela št. 3. Statistično pomembne vrednosti so v njej vpisane z debelejšimi številkami.)

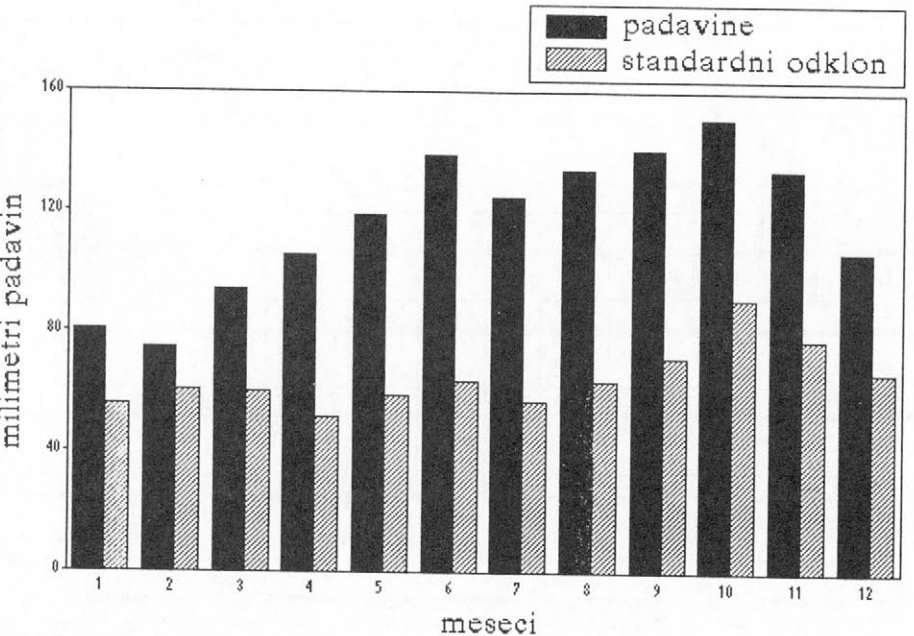
Kot je videti iz tabele, je oktober edini mesec, ki je postal hladnejši tako v Ljubljani kot v Trstu. Njemu pa so tudi najbolj upadle padavine. Letne vsote padavin so v submediteranski Sloveniji (Trstu) bolj upadale kot v celinski klime (v Ljubljani), k čemur so največ prispevali meseci julij, avgust in september. V vegetacijski dobi (od marca do novembra) so padavine v Ljubljani upadle marca, julija, septembra, oktobra in novembra, porasle pa v zimskih mesecih. V Trstu se meseci s podpovprečnimi temperaturami povezujejo z znižanimi padavinami. To zvezo smo že pojasnjevali. V Ljubljani pa je manj vidna, ker so zaradi večjega vpliva mesta toplejši vsi meseci razen oktobra. Najbolj se je



Slika 10. Letne vsote padavinskega »primanjkljaja« (stolpci) ter tridesetletna drseča povprečja padavinskih primanjkljajev (črtkano) in padavinskih presežkov (polna črta) v Ljubljani 1851–1985.



Slika 11. Letne vsote »padavinskega primanjkljaja« (stolpci) v Trstu v letih 1851–1985.



Slika 12. Mesečna povprečja padavin v Ljubljani (1851–1985) in njihov standardni odklon.

Tabela 3. Na stoletno dobo preračunene povprečne spremembe temperatur in padavin za postaji Ljubljana in Trst (1851–1985). Temperature so v stopinjah Celzija, količina padavin v milimetrih.

	Meseci												Letna vrednost
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ljubljana – temperature	1,13	1,15	1,48	0,31	0,49	0,23	0,16	0,26	0,64	-0,24	1,03	1,63	0,63
Trst – temperature	0,48	0,34	0,67	-0,10	-0,01	-0,53	-0,63	-0,42	-0,07	-0,18	0,98	0,95	0,14
Ljubljana – padavine	10	15	-9	8	1	25	-7	1	-9	-52	-7	14	-9
Trst – padavine	7	1	-7	-3	-17	-9	-6	-0	-27	-59	-4	11	-112

temperatura povišala v decembru, marcu, februarju in januarju. Zgoraj navedene zveze potrjuje slika št. 9.

Na sliki povsem jasno izstopata dve letni razdobji s statistično pomembno povezanostjo med mesečnimi temperaturami in padavinami ter vmesno prehodno obdobje brez nje. V hladnem obdobju (v Ljubljani od novembra do januarja, v Trstu do februarja) višje temperature spremljajo višje padavine in nižje temperature nižje padavinske vsote. V toplem obdobju (v Ljubljani od aprila, v Trstu od maja do septembra) je povezava obratna. To pojasnjujejo opažanja in statistične ugotovitve (tu navajamo le en vir – temperature ob raznih vremenskih tipih v Celovcu v letih 1946–1955; 11) o zvezah med vremenom in temperaturo. Ob sušnem anticiklonalnem vremenu poleti so zračne temperature višje, ob padavinskem ciklonalnem vremenu nižje. Pozimi pa prinašajo deprese padavine in višje temperature. V vmesnem obdobju (v Ljubljani februarja, marca in oktobra, v Trstu marca, aprila in oktobra) so zveze statistično nepomembne. V Ljubljani so zveze manj vidne, ker so zaradi večjega vpliva mesta postali v novjšem času toplejši vsi meseci razen oktobra.

Po splošnem podnebnem razvoju v tem stoletju bi sklepali, da je manj verjetnosti suše, če bi te bile odvisne od dolgoletnih povprečkov za temperature in padavine. Ker pa niso, smo imeli po zadnji vojni precej suš. To lahko ugotovimo s slik št. 10 in 11. Stolpci predstavljajo leta, ko je nastopilo pomanjkanje padavin, ugotovljeno po Thorntthweitovi formuli. Po njej se pretežno iz temperatur ugotavlja, koliko vode bi izhlapelo iz listja in tal (poten-

cialna evapotranspiracija) ob trajni namočenosti zemlje, ki bi – to je postavka našim računom – lahko zadrževala največ 100 mm vode. Manj padavin kot znaša potencialna evapotranspiracija pomeni primanjkljaj, sicer pride do prebitka – vodnega odtoka.

Beseda padavinski primanjkljaj je v narekovaju, ker ni nujno, da bi letni primanjkljaj kot seštevek manjših mesečnih primanjkljajev pomenil sušo.

Ker je v Trstu poleti višja temperatura, padavin pa manj kot v Ljubljani, je stolpec, razumljivo, več. Zlasti pri Ljubljani je očitno, da ni zveze med večletnimi efektivnimi padavinami in pogostostjo suš. Da so tako ugotovljena leta s padavinskim primanjkljajem res izpostavljena sušam, sklepamo zato, ker se na sliki s stolpci označena leta suše javljajo tudi v študiji K. Natka (13, str. 173). Omenjene so suše v letih 1859, 1917, 1921, 1939, 1942, 1943, 1946, 1950, 1951, 1962, 1973, 1979, 1983, 1985. Splošni razvoj podnebja v tem stoletju povečuje verjetnost suše v oktobru. Takrat poljščinam ne škodi več, pač pa otežuje vodno oskrbo in zmanjšuje proizvodnjo vodnih elektrarn. To verjetnost povečuje dejstvo, da so v oktobru največja odstopanja vsote padavin od dolgoletnega povprečka. Sledi mu november. O tem govori slika št. 12.

Pri govoru o suši je treba pomisliti, da je pri nas kot tudi drugod v razvitem gospodarstvu zdaj škoda večja kot v preteklosti. Zadnja suša v letu 1988 je povzročila veliko škodo, čeprav se je malo poznala pri vodnih pretokih (gl. v Ujmi št. 3 članke o suši ter članek Kolbezen-Zupančič, 9). Kot kaže analiza naših upoštevanih po-

staj, iz gibanj zadnjih desetletij ne moremo zaslediti povečane nevarnosti za suše, izzване z otoplivitvijo v »topli gredi«. To ne pomeni, da ne bi bilo potrebno proti njej odločnejše preventivno ukrepati. Njena škodljivost raste z razvojem gospodarstva. Zato je treba podpreti ameriške kolege v informacijskem centru za raziskovanje naravnih nesreč in prakso z univerze Colorado v Boulderju, ki se zavzemajo za povečano načrtovanje protisušne obrambe. V ta namen so pri univerzi Lincoln v Nebraski ustanovili mednarodno informacijsko središče za sušo (glej Natural Hazards Observers, XII, št. 4, 1989 in XIII, št. 5, 1989).

Zaključki

Pregled mesečnih temperatur in padavin v Ljubljani in Trstu nam ob vključitvi srednjeevropskih postaj na Dunaju, v Pragi in v Berlinu da za dobri dve stoletji pregled krajših in daljših nihanj, katerih število in razpon je odvisno od časovnih obdobj, na katera statistično razdelimo dobo. Če podnebni razvoj po sredi preteklega stoletja prikažemo z izglajenimi tridesetletnimi drsečimi povprečji, je najbolj očitno zviševanje zimskih temperatur v tem stoletju. Te tudi največ prispevajo k zviševanju letnih temperatur, ki pa jih je pri nas mogoče ugotoviti predvsem na nižinskih postajah v večjih naseljih. Druga očitna sprememba je zmanjšanje padavin in znižanje temperatur v oktobru. To je največ prispevalo k temu, da se je kontinentalni padavinski režim z viškom v poletnih mesecih razširil iz vzhodne in severovzhodne Slovenije proti jugozahodu.

Porast letnih temperatur v nižinskih naseljih v zadnjem tridesetletnem nizu še ni dosegel tistih s konca 18. stoletja; seveda, če so takratna vremenska opazovanja točna. Ta trditev drži tudi, če upoštevamo zelo topla osemdeseta leta. Temperaturna nihanja Kredarice v povojni dobi ne dokazujejo postopnega porasta letne temperature v gorah, ki bi ga pričakovali zaradi učinka tople grede. Sklepanje nanje po nižinskih postajah bi bilo zaneslivejše, če bi točneje vedeli za vpliv povečanja gozdnih površin Slovenije od 37 % v l. 1875 na 50 % v l. 1981, za vpliv zmanjšanja orne zemlje, ki ima manjši albedo, in zlasti za vpliv rastočih naselij na povišano temperaturo.

O tem učinku tople grede lahko trdimo le, da ni utegnil odpraviti nihanj temperature in padavin in jih vseh usmeriti na višje vrednosti. Neugotovljivo pa je, koliko je zaustavil morebitno naravno ohlajevanje.

UJAVNA

154 Če bi bil učinek tople grede odločilen, bi se morale poletne temperature bolj zvišati kot zimske, saj severna poluta takrat sprejema in oddaja več toplote. Dejansko pa so se izven mest v tem stoletju zvišale le zimske temperature.

V članku registrirane spremembe klimatskih prvin lahko razložimo s premaknitvijo podnebnih pasov proti jugu. Zato so zmanjšani učinki subtropskega (azorskega) visokega zračnega pritiska in povečani učinki pozimi toplejših in poleti hladnejših morskih vetrov z Atlantika. Suše niso pogojene s splošnim podnebnim razvojnim trendom, razpoznavnim z večletnimi povprečki, temveč z enkratnimi vremenskimi situacijami. Pogostejše pa so, ko je v njih dosežen višek ali ničel (slika 10). Tako je tudi v osemdesetih letih. Njihova visoka temperatura glede na dvestoletno preteklost ni izjemna.

Kljub temu pa analiza preteklosti ne zagotavlja, da se bo prihodnji temperaturni razvoj ravnal po pretekli shemi. Iz preteklosti lahko izluščimo le verjetnost za bodočnost. Odločnejše ukrepanje proti suši je v interesu odprave škode zaradi suše in povečanega učinka tople grede. Večjega učinka tople grede z analizo naših postajah nismo mogli ugotoviti, manjšega pa tudi ne moremo zanikati.

- Gams, I., 1986. Osnove pokrajinske ekologije. FF, Ljubljana.
- Gams, I., 1988. Klimatska nihanja po zadnji svetovni vojni pri nas. Proteus, št. 9–10.
- Klimatografija Slovenije, 1. in 2. zvezek. Hidrometeorološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Kolbezen, M., B. Zupančič, 1988. Suša v poletju 1988, Ujma št. 3.
- Krevs, M., 1986. Spremenljivost klime v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–1985. Seminar na nalogi. Tipkopis FF, Oddelek za geografijo, Ljubljana.
- Lauscher, F., 1960. Lufttemperaturen. Klimatographie von Oesterreich, Bd. 3, Wien.
- Mattson, J. O., A. Rapp, 1987. Afrikas torkatastrofer och Norsk kyla stors av svag Golfstrom. Svensk geografisk arsbok, 63, Lund.
- Natek, K., 1895. Suša v letu 1983 v Sloveniji. Geografski zbornik 24, Ljubljana.
- Novak, P., 1989. Energija in okolje v Sloveniji. V: Slovenija 88. SAZU, Ljubljana.
- Orožen Adamič, M., 1987. O suši in njenih posledicah v Sloveniji in Jugoslaviji, Ujma, št. 3.
- Pučnik, J., 1980. Velika knjiga o vremenu. CZ, Ljubljana.
- Scherhag, R., Blüthgen, J., Laner, W., 1977. Klimatologie. Braunschweig.
- Straviss, F., 1976. Considerazioni statistiche sui valori medi mensili di cinque elementi meteorologici in Trieste 1841–1975. Trieste (ciklostil).
- World Climate Conference. A Conference of Experts on Climate and Mankind. Geneva 1979.

1989 and for Kredarica (2514 m, 1954–1989). The following trends are evident:

- increase of annual minimum temperatures from the end of the last century to the present by 0.1° in Trieste and by 0.7° Ljubljana,
- increase of winter temperatures in Ljubljana by 1.1° in this century,
- increase of October temperatures and decrease of its precipitation and the shifting of the continental precipitation regime from northeastern and eastern Slovenia towards the southeast,
- decrease of the summer temperature, in greater extent in high mountains (Kredarica), in the seventies of this century,
- increase of effective precipitation sums in the middle of this century and their decrease in October in this century. Climatic oscillations registered at the cited stations can be explained by the shifting of climatic belts towards the south. In Slovenia this means less influence of subtropical anticyclonic weather and more efficient influence of the western drift from the Atlantic ocean (increased temperature and precipitation in winter, colder and drier Octobers). In the lowlands of Slovenia, the temperature oscillations are also probably caused by the increase of forest area (from 37 % in 1875 to 50 % in 1981), and by the decrease in arable land. Determination of the portion of green house effects is therefore not possible, nor can't be refuted, although the oscillations in this century do not exceed those in the past two centuries in Middle Europe. Despite this, planning for draught is urgent for the possibility of future green house effects and for mitigating present drought damage.

- Arhiv Hidrometeorološkega zavoda v Ljubljani.
- Climate Change to the Year 2000. A Survey of Experts Opinion. Fort Leslay J. McNair. Washington 20319. 1978.
- Flohn, H., 1985. Das Problem der Klimaänderung in Vergangenheit und Zukunft. Darmstadt.
- Furlan, D., 1965. Temperatura v Sloveniji. Dela 7., Inštitut za geografijo SAZU, Ljubljana.
- Gams, I., 1984. Nekaj naravnogeografskih značilnosti. V: Med Bočem in Rogaško Slatino. Šentjur pri Celju, Šmartno pri Jelšah.

Ivan Gams Marko Krevs

Threat of the worsening future climate

This article is based on the analysed monthly temperature and monthly precipitation of the stations in Ljubljana (299 m) and Trieste (10 m) for the period 1851–

UJMA

