

DANILO FURLAN

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

The purpose of this paper is to find out possibilities how to collect documentation on evaporation by using the most simple instruments. The values obtained by different instruments were compared. Due to the lack of data for Slovenia the analysis considered, in addition to data for Ljubljana, also some data from other locations, viz. Beograd, Skopje, Križevci, Negotin, Zlatibor and Bar. The period studied was 1967 - 1971. Instruments which were used are evident from Table 1. Data for the Russian evaporimeter GGI were analysed for the four-year period only because of the lack of data.

At the coastal region the evaporation is observed all over the year but in the interior it is observed seven months only - from April through October. With regard to the principle of data homogeneity a period of only seven months was analysed for the coastal regions as well. The mean values for the seven month periods are given on Table 1 and on figs. 1 - 3 (right part).

In view of the purpose of this paper it is important to mention that all evaporimeters used on the same site give very similar values.

Due to different conditions for rate of evaporation, which are evident without detailed analysis, we obtain different values of evaporation on various sites. Therefore a 5 year observation period can provide satisfactory documentation on evaporation, by using simple instruments only. Namely it is probable that 100 percent higher evaporation at Beograd, in comparison with data for Ljubljana, is a consequence of: first, much higher temperatures, and second, more frequent and stronger winds. Namely, the observatory Zeleno Brdo at Beograd is located on top of a hill on

an ideally windy site. On the other hand, Skopje is located in a basin (like Ljubljana) and higher evaporation at this location is only a consequence of higher temperatures.

POVZETEK

Prispevek naj bi dal odgovor na vprašanje, ali dajo tudi preprosti evaporimetri, kot sta Piche in Wild, zadovoljive rezultate, to je podobne "A" in GGI₃₀₀₀ evaporimetru in bazenu. V petletnem opazovalnem nizu 1967 - 1971 so dala opazovanja v Beogradu, Ljubljani in Skopju spodbudne rezultate.

UVOD

Večina industrijskih dežel boleha za pomanjkanjem vode. Slovenija, ki tudi vstopa v krog industrijskih dežel, ne more biti in tudi ni izjema. Res je, da prejme dobra tretjina Slovenije prek 1.500 mm padavin letno, kar je v svetovnem, enako tudi v evropskem merilu, zavidljiva vrednost, toda naravni pogoji za izkoriščanje padavinskega bogatstva niso ugodni. Več kot polovica naših vodotokov je hudourniških, nekako ena tretjina pa je kraških, torej brez nadzemnega toka. Tako smo se kljub izdatnim padavinam znašli zaradi naraščujoče porabe na pragu vodne krize in naša rešitev so akumulacije. Le tako bo omogočeno smotrno gospodarjenje z vodo, ki je doslej v najkrajšem času neizkoriščena odtekala po hudourniških strugah in zapuščala za seboj razdejanje.

Ko tako nesmotrno razmetavamo bogatstvo, pa je hkrati že čutiti pomanjkanje pitne in enako tudi tehnološke in hladilne vode.

Osnova za pravilno gospodarjenje z vodo v akumulacijah ne pomeni le poznavanje izdatnosti dotoka in stopnje porabe, ampak tudi stopnjo izgub, med katere štejemo zlasti izhlapevanje. Za merjenje izhlapevanja poznamo več vrst evaporimetrov. V Sloveniji je bil prvi evaporimeter, znamke Wild, vključen v redno meteorološko mrežo na Ljubljanskem met. observatoriju leta 1950, šele 7 let kasneje pa sta bila montirana naslednja evaporimetra vrste "A" (ameriški) v Ljubljani in Murski Soboti. Kmalu zatem je bil v Ljubljani uveden "Piche", ki je bil zaradi nizke cene in priročnosti v letih 1972 in 1973 postavljen še na nadaljnjih 12 postajah.

Preciznejše vrste evaporimetrov so drage in je zato izhod verjet-

no v tem, da najdemo način, ki bo iz podatkov, dobljenih s ceneniimi evaporimetri, omogočal ustvariti tako dokumentacijo, ki bo še zadovoljevala po kakovosti, časovno pa naj bi bila dosegljiva, čim bi bilo potrebno.

Za uresničenje tega načrta so potrebna vsaj nekajletna opazovanja z več instrumenti na istem mestu. Nadaljnja nujnost je, da je takih mest, s hkratnimi opazovanji, čim več. V Sloveniji izpolnjuje prvi pogoj Observatorij v Ljubljani. Ker je tudi v tuji literaturi tovrstna dokumentacija redka, so bili za primerjavo z ljubljanskimi podatki izbrani podatki observatorijev v Skopju in Beogradu. Za dopolnitev slike so bili uporabljeni tudi podatki postaj: Koper, Križevci, Bar in Negotin.

Zaradi nujne časovne homogenosti je mogoče upoštevati le niz opazovanj v letih 1967 - 1971, torej obdobje 5 let. Obdobje 5 let je sicer prekratko za klimatski prikaz, zadošča pa za rešitev zastavljene naloge: ugotoviti možnosti smiselne uporabe cenениh evaporimetrov.

Podatki o opazovanjih so vzeti iz publikacije Zveznega hidrometeorološkega zavoda za ustrezna leta /1/.

ANALIZA IN REZULTATI

Osnovna dokumentacija za opravljene analize so, kot že omenjeno, opazovanja na meteoroloških observatorijih v Skopju, Beogradu in Ljubljani. Uporabljeni evaporimetri so: Wild, "posoda A", Piche, GGI in bazen.

Na prvi pogled je situacija kar ugodna. Pa ni tako. Obdobje 1967 - 1971 zajame le 5 let in to je prva slaba stran dokumentacije. Druga pa je v tem, da niso vse 3 postaje imele vseh 5 instrumentov. Situacija je naslednja:

v Skopju so bila opazovanja brez Picha;
v Beogradu brez bazena in Wilda; GGI ima le 4 letna opazovanja, v Ljubljani brez GGI in bazena.

Dodatno so bile v analizo pritegnjene še postaje: Koper z Wildom, Pichem in "A" evaporimetrom, Negotin z "A" evaporimetrom in Pichem, Križevci z enakima dvema in končno Bar z "A" evaporimetrom.

Primerjava 5 letnih poprečnih vrednosti istih evaporimetrov na različnih postajah.

Težišče prispevka je v iskanju najprimernejšega instrumenta. In ker je stopnja izhlapevanja funkcija lokalnih meteoroloških razmer, bo odgovor temeljil na primerjavi izhlapevanja z različnih evaporimetrov na isti postaji. Da pa bi bila slika čim bolj zao-krožena, je na začetku podana okvirna orientacija: razmerje v stopnji izhlapevanja z enakega evaporimetra na različnih postajah.

Primerjane vrednosti so poprečne vrednosti, dobljene iz 7 mesečnih opazovanj, od aprila do vključno oktobra v letih 1967 - 1971. V najhladnejših mesecih so opazovanja prekinjena, ker bi sicer led poškodoval instrument. Obmorske postaje opazujejo vse leto, zaradi primerjave s postajami v notranjosti, pa so tudi pri njih zimski meseci neupoštevani.

Merjenje izhlapevanja z "A" evaporimetrom.

Če naj bi bila osnova za orientacijo srednja maksimalna mesečna temperatura najtoplejšega meseca, potem je slika, ki jo posreduje tabela 1, še kar v skladu s pričakovanji. Ekstremni postaji sta namreč Ljubljana in Skopje, ki imata tudi najnižjo in najvišjo srednjo maksimalno temperaturo med naštetimi postajami (Ljubljana 26.4°C, Skopje 31.0°C). Tudi postaji Križevci in Koper imata ustreznosti mesti. Pri Beogradu in Negotinu pa ne gre po pričakovanju. Čeprav je Beograd za dobro stopinjo hladnejši od Negotina, ima kar za 25% večje izhlapevanje. Visoka vrednost Beograda postane sicer sumljiva, očitno pa je, da so bila opazovanja natančna, saj jih potrjujejo tudi opazovanja na Fruški gori (Rimski Šančevi, Novi Sad). Verjetno je razlika med postajama posledica bolj vetrovne lege postaje Beograd - Zeleno Brdo.

Merjenje izhlapevanja s Pichevim evaporimetrom.

Od 5 postaj so vrednosti 4 pričakovane, izstopajo le Križevci, ki izkazujejo kljub močno podobnim temperaturnim razmeram kar več kot 3 krat tolikšno izhlapevanje kot Ljubljana. Rezultat je sicer zelo koristen, za cilj razprave pa uporaben le posredno.

Merjenje izhlapevanja z Wildovim evaporimetrom.

Letne vrednosti nas presenečajo! Temperature so v Skopju in Kopru močno podobne, veter pa je v Kopru verjetno češči. Kljub

temu izkazuje Skopje skoraj 50% večje izhlapevanje. Tudi v odnosu do Ljubljane Skopje močno izstopa, saj izhlapi kar za 85% več v tem mestu kot pa v Ljubljani. Vrstni red sicer ustreza, razlike pa so nepričakovano velike.

Merjenje izhlapevanja z GGI evaporimetrom.

Podatki so le za Beograd in Skopje in to le za 4 letni popreček (1968 - 1971). Rezultat nas iznenadi zato, ker so bile pričakovane močno podobne vrednosti; po opazovanjih pa izhlapi v Beogradu kar za prek 30% več kot v Skopju. Vzrok je verjetno zopet češči veter.

Merjenje izhlapevanja z bazenom.

Ta instrument ima le observatorij v Skopju. Rezultat - 829 mm - predstavlja povsem novo informacijo.

Ustrezne poprečne vrednosti so v tabeli 1.

Tabela 1 Petletni poprečki izhlapevanja v mesecih april-oktober. Opazovalni niz 1967 - 1971. Izhlapevanje je izraženo v milimetrih.

Table 1 Five-year means of evaporation in months April through October. Period 1967 - 1971. Evaporation is given in millimeters.

Postaja	Instrument				
	"A"	GGI3000	Wild	Piche	bazen
Beograd	1.147	1.135		1.138	
Bar	1.045				
Ljubljana	608		298	588	
Koper	836		585	967	
Križevci	808			1.898	
Negotin	887			1.281	
Skopje	1.209	856	855		829
Zlatibor	664				

Primerjava rezultatov, dobljenih na isti postaji in z različnimi evaporimetri.

Primerjava poprečnih "celoletnih" višin izhlapevanja iz enakega instrumenta, vendar na različnih postajah, v različnih klimatskih razmerah, kaže v glavnem pričakovano razporedbo. Ostajajo pa še odprta vprašanja, zaradi katerih utegne biti naslednja primerjava boljše opora za odločitve. Primerjani bodo rezultati, dobljeni na isti postaji, z različnimi evaporimetri.

Izhlapevanje v Beogradu ("A", GGI, Piche).

Čeprav so pogoji za izhlapevanje s posamezne vrste evaporimetra različni, izkazujejo vsi trije evaporimetri praktično isto vrednost, ca 1.140 mm. To nas močno preseneča, saj povsem izostane "otoški efekt" pri posodi "A", ki sicer močno poveča - blizu 50% - izhlapevanje, ugotovljeno za široke vodne površine /2/. Po rezultatih meritev v Beogradu dasta namreč GGI in "A" evaporimeter isto vrednost, čeprav je prvi v nivoju zemlje, in sta zato izključena dodatna efekta: veter in direktno osončenje, ki povečujeta stopnjo izhlapevanja z "A" evaporimetra (otoški efekt).

Isto vrednost kot "A" in GGI daje tudi Piche, pa čeprav ne merimo z njim na prostem, ampak v vremenski hišici.

Izhlapevanje v Ljubljani ("A", Wild, Piche).

Podobno kot v Beogradu izkazujeta "A" in Piche enako izhlapevanje, ca 600 mm, seveda pa nas preseneča, da izhlapi z njiju v Ljubljani le dobra polovica enake količine vode, kot v Beogradu. Wild, ki je prav tako nameščen v hišici, pa izkazuje komaj polovico drugih dveh, namreč le 300 mm.

Izhlapevanje v Skopju ("A", bazen, GGI, Wild).

Izhlapevanje z GGI, Wilda in bazena je enako, od 830 do 860 mm, iz "A" evaporimetra pa je kar za 40% večje, dobrih 1.200 mm. Tolmačenja za tako razliko ni!

Razlik, ki so bile očitne že pri analizi izhlapevanja s posameznih instrumentov, tudi primerjava vrednosti o izhlapevanju na posameznih postajah, ne omili.

LETNI HOD IZHLAPEVANJA

V Ljubljani (slika 1) kažeta Wild in Piche (oba sta nameščen v hišici) isti letni hod, le da je razmerje v višini izhlapevanja prek vse sezone, 7 mesecev (april-oktober) enako, namreč 2:1 v dobro Pichu. Iznenadi pa nas padec izhlapevanja v juniju. Letni hod izhlapevanja z "A" evaporimetra je sicer podoben, ni pa enak. Razlika je očitna predvsem v primerjavi s Pichem, od katerega izkazujejo april, maj in oktober, torej hladnejši meseci, nižjo, drugi pa višjo stopnjo izhlapevanja.

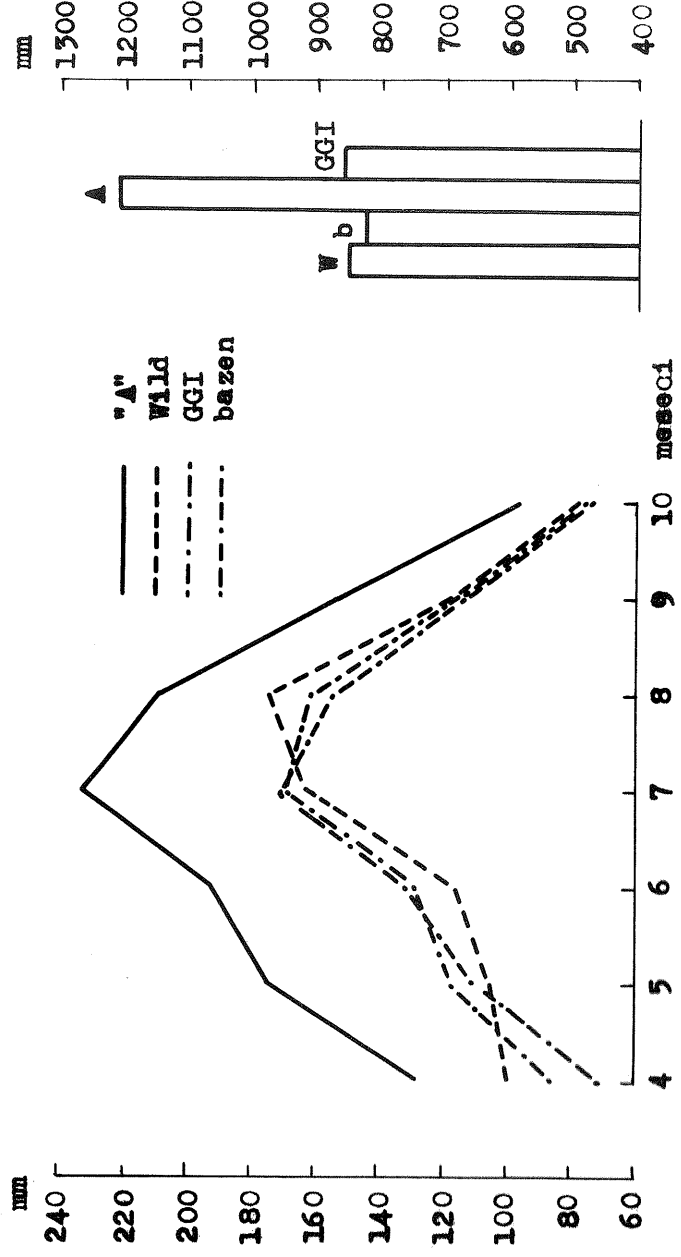
Iz poteka zveznic vseh treh evaporimetrov je že na prvi pogled očitno, da so razlike na grafikonu veren odsev različnih pogojev za izhlapevanje. Relativno velika vodna količina v "A" posodi se v dopoldanskih urah in v dneh brez sonca le počasi ogreje, vsekakor pozneje kot v Wildu ali na Pichu. Zato "A" evaporimeter na toplotne spremembe kasneje reagira in ima v hladnejših mesecih nižje vrednosti. Po tem tolmačenju je tudi razumljivo, zakaj je izhlapevanje s Picha večje kot z Wilda.

V Skopju (slika 2) je potek nekoliko drugačen. "A" evaporimeter ima paralelen hod kot v Ljubljani, z lomom v juniju in deloma avgustu, le da so vrednosti v Skopju skoraj 2 krat večje. Podoben hod imata tudi GGI in bazen, le da zaostajata ta dva evaporimetra v vseh 7 mesecih za približno 1/3 za "A" evaporimetrom.

Wild pa ima svojevrsten hod, saj je maksimum izhlapevanja v avgustu in ne v juliju. V obeh krajnih mesecih, aprilu in oktobru pa izhlapi z Wilda več kot z GGI in bazena. Tolmačenje za letni hod izhlapevanja je isto, kot je bilo navedeno za Ljubljano. Čim manjša je količina vode, tem hitreje sledi zvišanju temperature zraka in tem večje je izhlapevanje. Nikakega sprejemljivega tolmačenja pa ni za maksimum izhlapevanja z Wilda v avgustu. Da pa je maksimum res šele v avgustu, in ne že v juliju, je dokaz prepričljiv: v osemletnih opazovanjih je bil maksimum v avgustu 4 krat, 1 krat pa v aprilu, maju, juliju in oktobru.

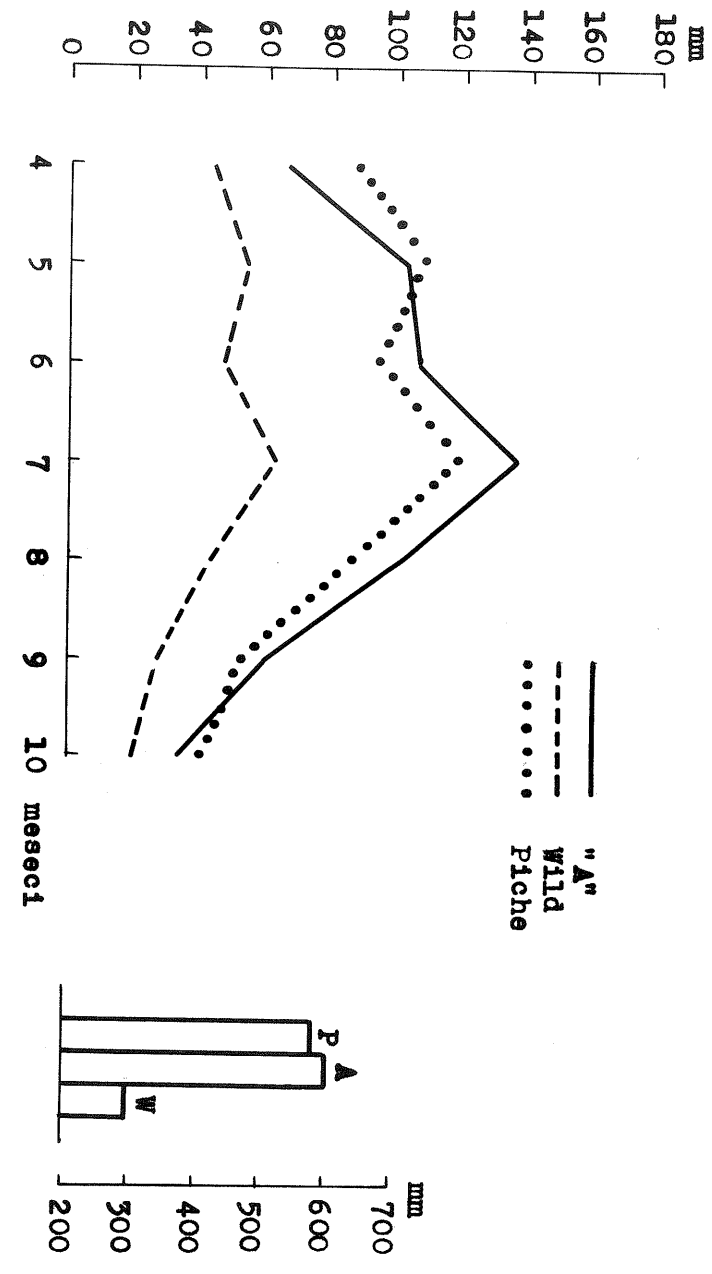
Bistveno za Skopje je vendarle, da izkazuje "A" evaporimeter v vseh mesecih največje izhlapevanje in je presežek celo zelo izrazit. To pa je v opreki z utemeljitvijo letnega hoda s posameznih vrst evaporimetrov v Ljubljani in Beogradu. Zato ostaja tudi brez sprejemljivega tolmačenja.

V Beogradu (slika 3) je letni hod izhlapevanja podoben tistemu v Ljubljani, le da je zmanjšanje izhlapevanja v juniju izrazitejše.



Slika 2 Izhlapevanje v Skopju (niz 1967 - 1971, GGI 1968 - 1971).

Fig. 2 Evaporation at Skopje (Period 1967 - 1971, GGI 1968 - 1971).



Slika 1. Izhlapevanje v Ljubljani (niz 1967 - 1971).

Fig. 1. Evaporation at Ljubljana (Period 1967 - 1971).

ZAKLJUČEK

Cilj naloge je bil postavljen jasno: primerjava rezultatov, dobljenih v petletnem opazovalnem nizu, naj pokaže, ali obstaja sprejemljiva pot, ki vodi do podatkov o izhlapevanju. Izhodišče je bila ugotovitev, da ni sredstev za drage instrumente, kot so npr. bazeni.

Analiza je uspela, njen rezultat je ohrabrujoč! Ako namreč ocenimo opazovanja z "A" evaporimetrom v Skopju za sicer vestna, vendar obremenjena s sistematično napako, potem ugotovimo, da je rezultat resnično obetaven.

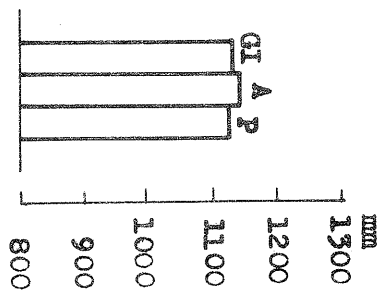
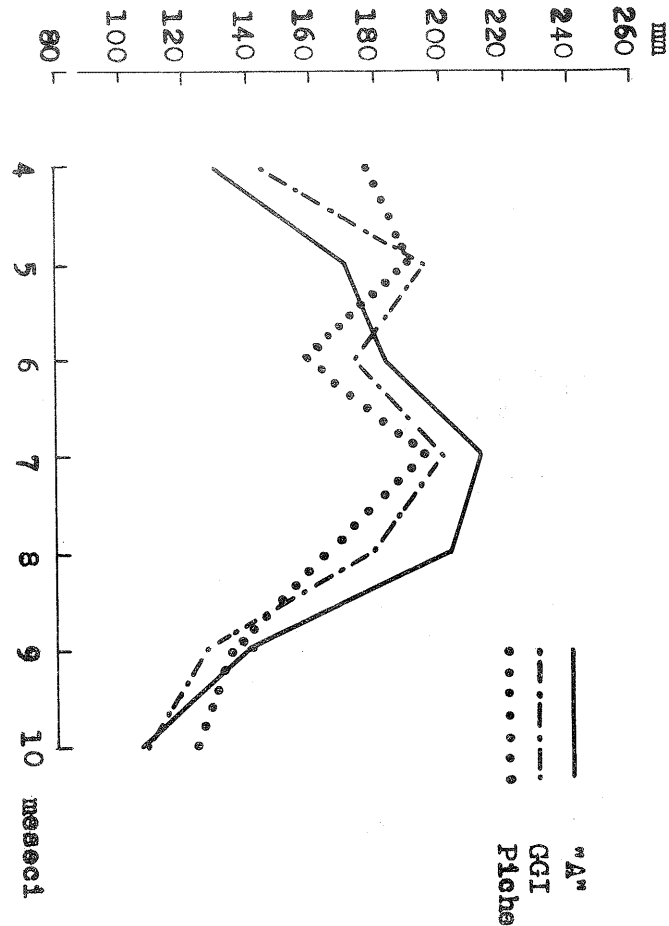
V Beogradu, na observatoriju Zeleno Brdo, kažejo vsi trije evaporimetri, "A", GGI in Piche zelo dobro skladnost, ca 1.140 mm. Isto velja tudi za Skopje, seveda brez vrednosti "A" evaporimetra. Vsi trije evaporimetri GGI, Wild, bazen, pridejo na vrednost blizu 850 mm "na leto", to je v 7 mesecih.

Razmerje 1.140 mm v Beogradu proti 850 mm v Skopju je sprejemljivo, ako upoštevamo, da ima Zeleno Brdo idealno vetrovno lego, Skopski observatorij pa leži sredi kotline. Zlasti ohrabrujoč je podatek, da daje isto vrednost kot bazen tudi GGI. Računati moramo namreč, da se izhlapevanje z bazena najbolj približa izhlapevanju z velike vodne površine in da torej lahko izhlapevanje z GGI evaporimetra služi za trdno osnovo za realno oceno izhlapevanja z vodne površine.

Tudi rezultati opazovanj v Ljubljani so ohrabrujoči, čeprav ne tako zelo, kot v Beogradu in Skopju. "A" in Piche izkazujeta, podobno kot v Beogradu, isto vrednost, ca. 600 mm, preseneča pa nas Wild s pičlimi 300 mm ali le 1/2 tiste višine, ki je bila izmerjena z "A" evaporimetrom.

Ker so v Makedoniji temperature bistveno višje kot v Sloveniji, je zato izhlapevanje v Skopju za prek 30% večje kot v Ljubljani, v Beogradu pa je zaradi vetru zelo izpostavljene lege izhlapevanje še večje.

Obstaja torej objektivna možnost, da bodo za ustvarjanje dokumentacije o izhlapevanju zadoščali tudi cenejši instrumenti. Vsekakor pa bo treba poprej ugotoviti težo, ki jo imajo vlaga, veter in temperatura kot glavni regulatorji izhlapevanja v specifičnem mikroklimatskem okolju poljubne lokacije. Gotovo je tudi, da bodo v modelu nujno potrebni "in extenso" podatki in ne sumarni (veter) ali poprečni (temperatura, vlaga). V prvi fazi tudi ne bodo zadoščali že podatki iz meteorološke hišice, ampak vred-



Slika 3
Fig. 3

Izhlapevanje v Beogradu (niz 1967 - 1971, GGI 1968 - 1971).
Evaporation at Beograd (Period 1967 - 1971, GGI 1968 - 1971).

nosti, ugotovljene na višini evaporimetra. Šele v drugi fazi bo prešlo težišče na vrednosti elementov, ugotovljene na standardnih višinah.

V uvodu je bilo podčrtano, da je 5 letni opazovalni niz prekratek in da je bil izbran le zaradi nujne časovne homogenosti opazovanj na treh osnovnih postajah v Jugoslaviji. Temu ustreza tudi naslov prispevka.

LITERATURA

- /1/ Zvezni hidrometeorološki zavod SFR Jugoslavije: Godišnjak met. observatorije Beograd - Zeleno brdo - 1967 - 1971.
- /2/ Kohler M.A., Nordenson T.J., Fox W.E.: Evaporation from pans and lakes. US Weather Bur. Res. Paper, 1955, 38.