

**RAZPRAVE  
PAPERS**

**Letnik 20  
1**

VSEBINA - CONTENTS:

	Stran
B. Weissbacher: Statistična obdelava in primerjava števila dni s snežno odejo s srednjimi zimskimi temperaturami za Ljubljano Statistical treatment and comparison between the number of days with snow cover and mean temperatures in Ljubljana .....	5
D. Hrček: Meritve padavin v okolici hladilnih stolpov termoelektrarne Šoštanj Measurements of precipitations in the surrounding of cooling towers of thermoelectric power station Šoštanj .....	19
M. Bonač, Z. Rajh-Alatič: Primerjava rezultatov analiz padavin treh različnih krajev v Sloveniji The comparison of results of analyses of precipitations among three different places in Slovenia .....	31
Ocene del: .....	45

STATISTIČNA OBDELAVA IN PRIMERJAVA ŠTEVILA DNI S SNEŽNO  
ODEJO S SREDNJIMI ZIMSKIMI TEMPERATURAMI ZA LJUBLJANO V  
OBDOBJU 1895 - 1976

STATISTICAL TREATMENT AND COMPARISON BETWEEN THE NUM-  
BER OF DAYS WITH SNOW COVER AND MEAN TEMPERATURES IN  
LJUBLJANA FOR THE PERIOD BETWEEN 1895 - 1976

551.506.3  
551.524.33  
551.578.43

BRANKO WEISSBACHER

Meteorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

In this article we have treated statistically mean winter temperatures and days with snow cover in Ljubljana for the period of 81 years, and determined the correlation between both variables. As the data for days with snow cover were available only for 74 years, we have calculated - by using the regression equation - the number of days with snow cover also for the period of the seven years without data, and have included them in order to complete the period of 81 years. The correlation between both variables is -0.74, which is rather a high value. With the help of a computer we have obtained several other statistical quantities. We have also obtained the frequency histogram and normal frequency histogram for both variables, with the arithmetical mean and variance being equal.

POVZETEK

V tem članku smo statistično obdelali poprečne zimske temperature in dneve s snežno odejo v Ljubljani za 81 let in poiskali korelacijo med obema spremenljivkama. Iz regresijske enačbe smo izračunali manjkajoče podatke za dneve s snežno odejo za 7 let. Izračunali smo še nekatere druge statistične količine in izdelali frekvenčne histograme naravne in normalne porazdelitve obeh spremenljivk.

## UVOD

Zimske temperature v Sloveniji je proučevalo že več avtorjev /1,2/ in prav tako snežno odejo /3/. V tem prispevku smo primerjali število dni s snežno odejo v Ljubljani s poprečnimi zimskimi temperaturami od leta 1895 do 1976 /4/. Iz regresijske enačbe smo izračunali, in s tem izpopolnili, manjkajoče podatke za snežno odejo za 7 let. Za tako izpopolnjen niz podatkov smo izračunali nekatere statistične parametre in izdelali frekvenčne histograme za obe spremenljivki.

## PODATKI IN METODA

Podatke o snežni odeji v Ljubljani imamo od leta 1895. Na sliki 1 so vrisane poprečne zimske temperature t.j. srednje temperature, izračunane iz srednjih mesečnih temperatur zimskih mesecev decembra, januarja in februarja. Na sliki 2 pa je število dni s snežno odejo v Ljubljani od leta 1895 v vsaki meteorološki zimi, se pravi v mesecih december, januar in februar. Vendar pa niz podatkov za dneve s snežno odejo ni sklenjen. Manjkajo namreč podatki za januar 1898 in za šest zim od leta 1923 do leta 1929.

S programom DSTAT 2 /6/ smo na računalniku CYBER izračunali za poprečne zimske temperature in dneve s snežno odejo matriko korelacije, matriko kovariance in enostavno statistiko za vsako spremenljivko: vsoto vseh vrednosti, poprečje, standardno deviacijo ter najmanjšo in največjo vrednost.

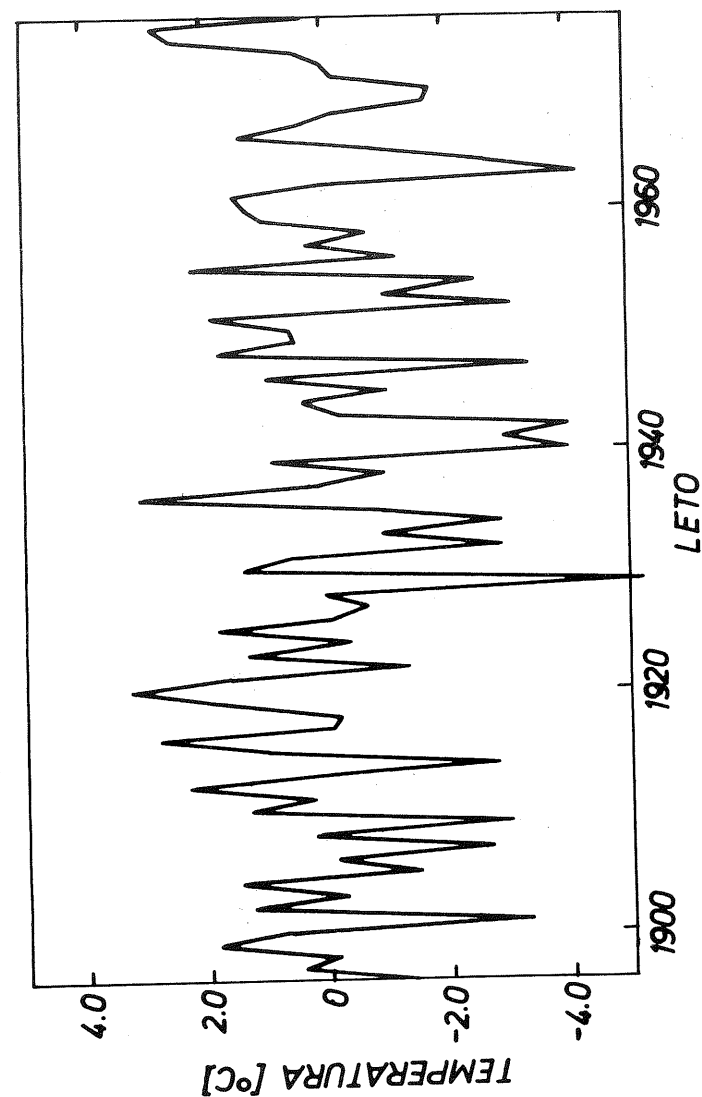
Poglejmo si obe matriki in v tabeli 1 osnovne statistične količine:

Matrika kovariance:

T	T	N		T	N
T	$\sigma_T^2$		ali	T	3,46
N	$\mu_{11}$	$\sigma_N^2$		N	-29,1      469,80

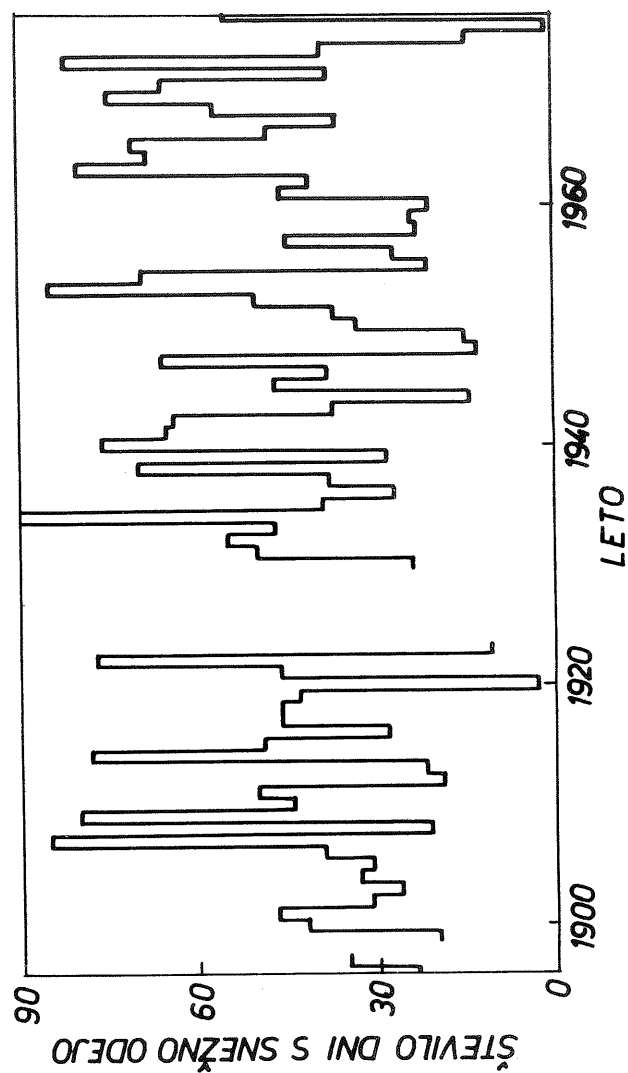
kjer pomenijo:

T - poprečna zimska temperatura	$\sigma_N^2$ - varianca spremenljivke N
N - število dni s snežno odejo	$\mu_{11}$ - kovarianca
$\sigma_T^2$ - varianca spremenljivke T	



Slika 1 Poprečne zimske temperature v Ljubljani od 1895/96 do 1975/76.

Fig. 1 Mean winter temperatures in Ljubljana for the period between 1895/96 - 1975/76.



Slika 2 Število dni s snežno odejo v zimskih mesecih december, januar in februar od 1895/96 do 1975/76.

Fig. 2 Number of days with snow cover in winter months December, January and February from 1895/96 - 1975/76.

Tabela 1 Osnovne statistične količine poprečnih zimskih temperatur (T) in števila dni s snežno odejo (N) za 74 let.

Table 1 Basic statistical quantities of mean winter temperatures (T) and the number of days with snow cover (N) for the period of 74 years.

	vsota	poprečje	standardna deviacija	varianca	minimum	maximum
T	-12,8	-0,2	1,86	3,46	-4,2	3,3
N	3 235	43,7	21,68	469,80	1	90

Matrika korelacije

	T	N
T	1,00	
N	-0,72	1,00

Koeficient korelacije  $r$  je  $-0,72$ , torej je korelacija med obema spremenljivkama precej dobra.

Enačbi za regresijski premici imata naslednjo obliko (4):

$$1. \quad N - \bar{N} = \frac{\sigma_{11}}{\sigma_T^2} (T - \bar{T})$$

$$2. \quad N - \bar{N} = \frac{\sigma_N^2}{\sigma_{11}} (T - \bar{T})$$

Iz matrike kovariance dobimo vrednosti za  $\sigma_T^2$ ,  $\sigma_N^2$  in  $\sigma_{11}$ , iz tabele 1 pa še poprečne vrednosti  $\bar{T}$  in  $\bar{N}$ , ter jih vstavimo v prvo enačbo, iz katere dobimo število dni s snežno odejo (N) v odvisnosti od poprečne zimske temperature (T). Ker za vsako spremenljivko T ne dobimo točno določenih N, med obema spremenljivkama ni funkcionalne povezave, ampak t.im. stohastična. Druga enačba daje povezavo spremenljivke T v odvisnosti od N. Funkciji med seboj nista inverzni in lahko kot  $\gamma$  med obema regresijskima premicama izračunamo iz naslednje formule:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1 - r^2}{r} \cdot \frac{\sigma_T \sigma_N}{\sigma_T^2 + \sigma_N^2} \quad \text{in je za naš primer } 3^\circ 15'.$$

Iz prve enačbe dobimo tako najbolj verjetno število dni s snežno odejo, ki pripada poprečnim zimskim temperaturam za tistih sedem let, za katera podatki o snežni odeji manjkajo (tabela 2).

Tabela 2 Dnevi s snežno odejo za leta, za katera ni izmerjenih podatkov, izračunani iz enačbe za regresijsko premico.

Table 2 Days of snow cover for years without measured data, obtained by using the equation for linear regression.

Leto	T	N
1897/98	-0,1	43
1923/24	-0,4	46
1924/25	1,8	27
1925/26	-0,1	43
1926/27	-0,7	48
1927/28	0,0	42
1928/29	-5,2	88

S temi vrednostmi smo dobili niz nepretrganih podatkov za dneve s snežno odejo za 81 let. Oba niza podatkov smo ponovno statistično obdelali.

Poglejmo si matriko korelacije in v tabeli 3 nove osnovne statistične količine:

Matrika korelacije

	T	N
T	1,00	
N	-0,74	1,00

Tabela 3 Osnovne statistične količine poprečnih zimskih temperatur (T) in števila dni s snežno odejo (N) za izpopolnjen niz podatkov za 81 let.

Table 3 Basic statistical quantities of mean winter temperatures (T) and the number of days with snow cover (N) for the completed series of data for the period of 81 years.

	vsota	poprečje	standardna deviacija	varianca	minimum	maximum
T	-17,5	-0,2	1,88	3,52	-5,2	3,3
N	3 572	44,1	21,38	456,89	1	90

Večjih razlik med obema korelacijskima koeficientoma pri obeh obdelavah seveda ni.

S programom UNISTAT 1 /7/ smo za oba izpopolnjena niza izračunali še druge statistične količine in jih vnesli v tabelo 4.

Tabela 4 Nekaterne statistične količine poprečnih zimskih temperatur (T) in števila dni s snežno odejo (N) za izpopolnjen niz podatkov za 81 let.

Table 4 Some statistical quantities of mean winter temperatures (T) and the number of days with snow cover (N) for the completed series of data for the period of 81 years.

	T	N
koeficient asimetričnosti	-0,5	0,3
koeficient sploščenosti	2,7	2,4
število iteracij navzgor in navzdol	56	53
verjetnost, da je število iteracij 56 ali manj	0,77	
verjetnost, da je število iteracij 56 ali več	0,31	
dolžina najdaljše iteracije navzgor ali navzdol	5	5
verjetnost, da je dolžina najdaljše iteracije 5 ali manj	0,97	0,97
verjetnost, da je dolžina najdaljše iteracije 5 ali več	0,17	0,17
verjetnost, da je število iteracij 53 ali manj		0,40
verjetnost, da je število iteracij 53 ali več		0,60

Iz tega programa smo dobili, da je interval zaupanja za aritmetično sredino spremenljivke T pri 5% tveganju med vrednostmi -0,6 in 0,2. Če imamo torej kak drug niz poprečnih zimskih temperatur, je verjetnost 95%, da pade njegova aritmetična sredina v ta interval.

Interval zaupanja za aritmetično sredino spremenljivke N je:

$$39 \leq N \leq 49$$

Torej, če vzamemo kak drug niz dni s snežno odejo, je 95% verjetnost, da pade srednja vrednost tega niza v ta interval.

Na sliki 3a je frekvenčni histogram spremenljivke T, na sliki 4a pa spremenljivke N. Na vodoravni osi so označeni intervali - meje razredov, na navpični pa frekvence oz. število podatkov, ki padejo v dani interval. Vsak interval vključuje spodnjo mejo ustreznega razreda, zadnji interval tudi zgornjo mejo. Spodnje meje razredov so izpisane za vsak tretji interval, ki smo ga izračunali takole:

$$\text{interval} = (\text{maximum} - \text{minimum}) / k$$

kjer sta maximum in minimum največja oz. najmanjša vrednost podatkov, k pa število intervalov. Za naš primer smo vzeli število intervalov  $k = 30$ . Spodnja meja prvega razreda je najmanjša vrednost, spodnje meje naslednjih intervalov smo dobili tako, da smo prišteli dolžino intervala k spodnji meji prejšnjega intervala.

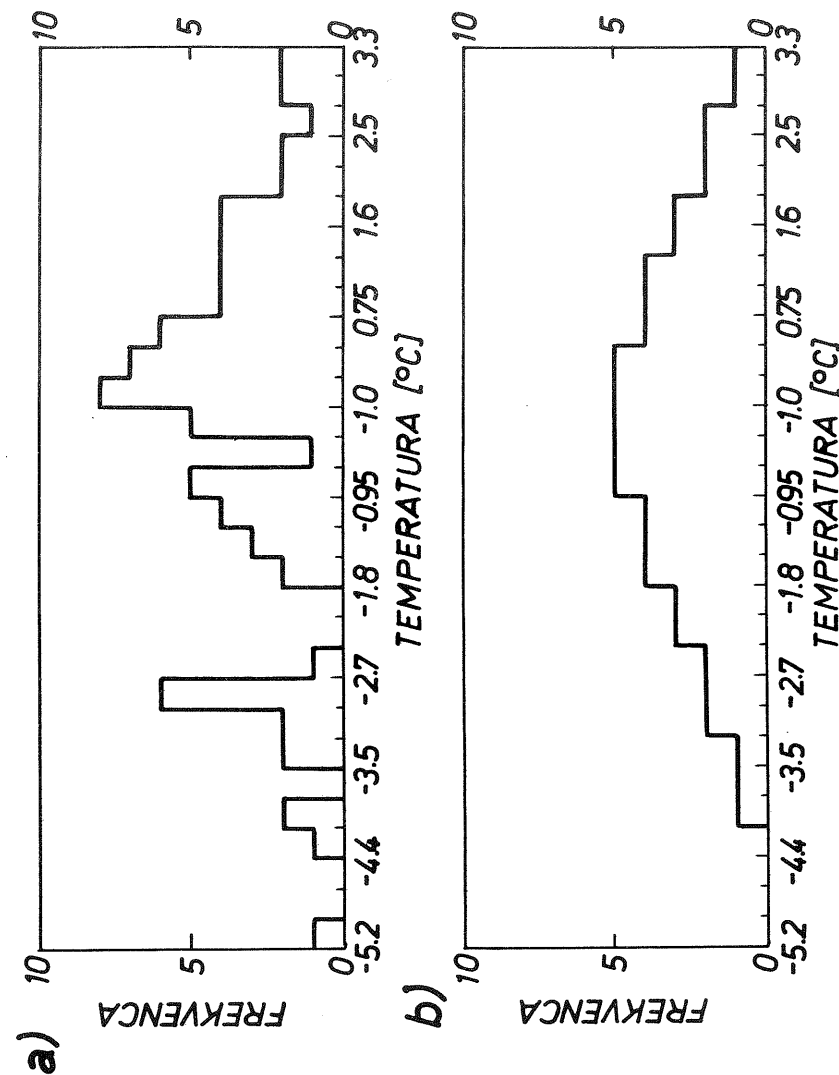
Koeficient asimetričnosti za krivuljo porazdelitve spremenljivke T je  $-0,5$  (tabela 4). Ker je ta koeficient zelo majhen, je krivulja simetrična, le nekoliko je pomaknjena proti negativnim vrednostim. Koeficient asimetričnosti spremenljivke N je  $0,4$ . Tudi ta krivulja je blizu simetriji, le za malenkost je pomaknjena proti pozitivnim vrednostim. Koeficient sploščenosti za krivuljo porazdelitve spremenljivke T je  $2,7$ . Krivulja je blizu standardni normalni porazdelitvi, za katero je vrednost tega koeficienta enaka  $3,0$ . Koeficient sploščenosti za krivuljo spremenljivke N je  $2,4$ , kar pomeni, da je porazdelitvena krivulja v sredini nekoliko višja od standardne normalne porazdelitve.

Na sliki 3b in 4b sta frekvenčna histograma z normalno porazdelitvijo spremenljivke T oz. spremenljivke N. Taka histograma bi dobili, če bi bili spremenljivki porazdeljeni normalno z enako aritmetično sredino in standardno deviacijo, kot smo ju dobili iz naravne porazdelitve.

Zanimive so tudi iteracije, t.j. naraščanje ali padanje vrednosti obeh spremenljivk pri zaporednih zimah. Največje število iteracij je 5 za obe spremenljivki in je bilo za poprečne zimske temperature med leti 1969/70 in 1974/75, za število dni s snežno odejo pa med 1947/48 in 1952/53 in torej ne sovpadajo (tabela 1 in 2). Verjetnost, da ima iteracija 5 korakov ali manj, je za obe spremenljivki 97%, da ima iteracija 5 ali več korakov pa 17%.

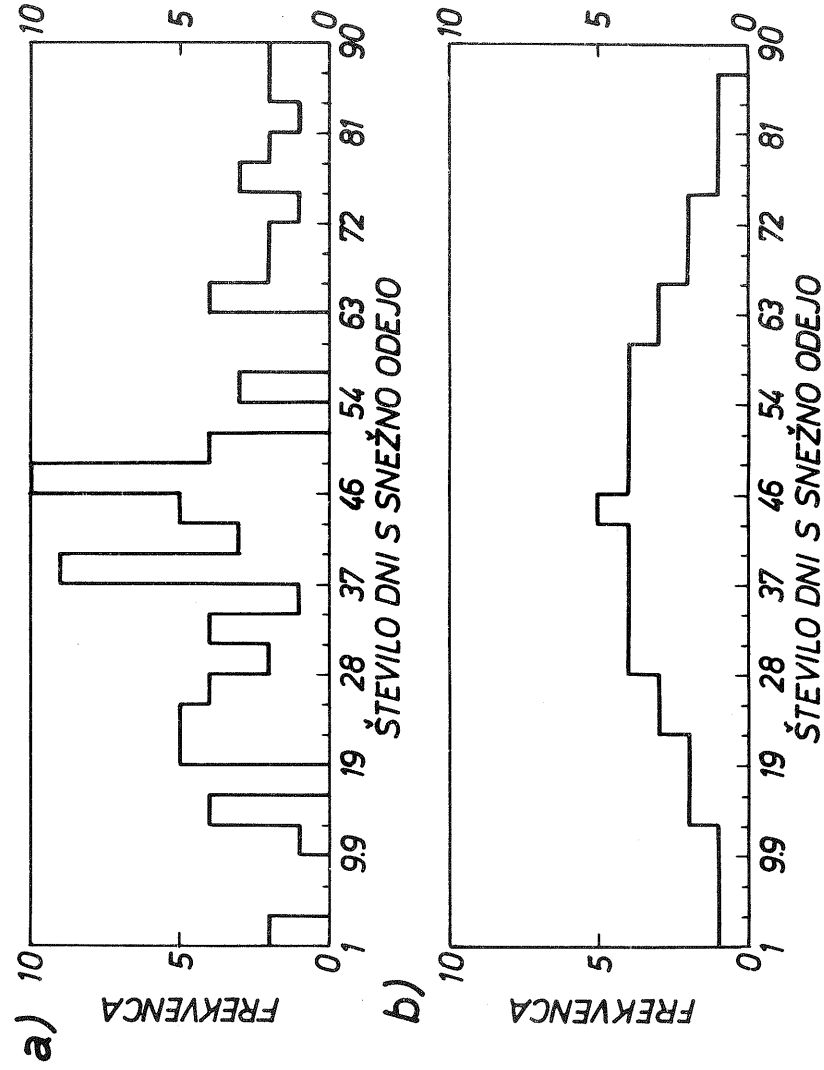
Če tvorimo interval  $2\sigma \leq \bar{T} \leq 2\sigma$ , je verjetnost 95%, da pade katerakoli poprečna zimska temperatura v ta interval:  $-4,0 \leq T \leq 3,6$ . Torej je le 5% verjetnosti, da je poprečna zimska temperatura kateregakoli leta v Ljubljani ali nižja od  $-4,0^\circ\text{C}$ , ali višja od  $3,6^\circ\text{C}$ .

Iz programa STEPREG 1 /8/ smo dobili za vsako leto število dni s snežno odejo, izračunano iz regresijske enačbe, in jih primerjali z opazovanimi vrednostmi. Dobili smo tudi razlike med obema vrednostima, razlike med obema vrednostima v procentih in standardizirane razlike, t.j. razlike, ki smo jih delili s standardno napako ocene oz. kvadratnim korenom poprečnih razlik, kar je  $14,41$ , ki smo ga tudi dobili iz tega programa. V tabeli 5 lahko razberemo vse te vrednosti.



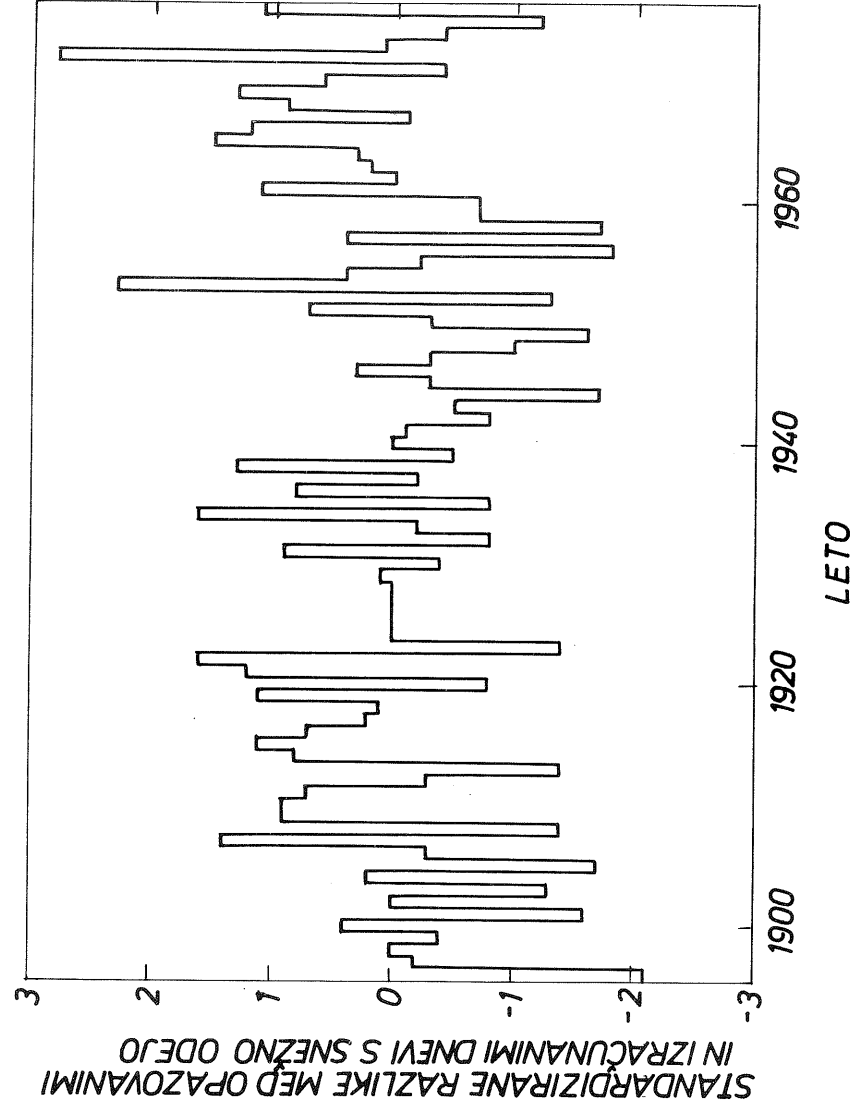
Slika 3 Frekvenčni histogram naravne in normalne porazdelitve poprečnih zimskih temperatur za 81 let z enako aritmetično sredino in standardno deviacijo.

Fig. 3 Frequency histogram of natural and normal distribution of mean winter temperatures for the period of 81 years with the equal arithmetical mean and standard deviation.



Slika 4 Frekvenčni histogram naravne in normalne porazdelitve števila dni s snežno odejo v zimskih mesecih za 81 let z enako aritmetično sredino in standardno deviacijo.

Fig. 4 Frequency histogram of natural and normal distribution of number of days with snow cover during winter months for the period of 81 years with the equal arithmetical mean and standard deviation.



Slika 5 Razlike med števili dni s snežno odejo in vrednostmi, ki smo jih dobili iz regresijske enačbe. Razlike so deljene s standardno napako ocene za 81 let.

Fig. 5 Differences between number of days with snow cover and values obtained by regression equation. The differences are divided with the standard estimation error for 81 years.

Tabela 5 Opazovane in izračunane vrednosti odvisne spremenljivke N in razlike.

Table 5 Observed and computed values of dependent variable N and residuals.

Leto	N-opazovan	N-izračunan	razlike	procentualne razlike	standardizirane razlike
1895/96	24.0	54.1	-30.1	-125.4	-2.1
1896/97	35.0	38.0	-3.0	-8.7	-0.2
1897/98	43.0	43.1	-0.1	-0.3	0.0
1898/99	20.0	26.2	-6.2	-31.1	-0.4
1899/00	42.0	36.4	5.6	13.4	0.4
1900/01	47.0	70.2	-23.2	-49.3	-1.6
1901/02	31.0	31.3	-0.3	-0.9	-0.2
1902/03	26.0	44.8	-18.8	-72.3	-1.3
1903/04	33.0	29.6	3.4	10.3	0.2
1904/05	31.0	55.0	-24.0	-77.3	-1.7
1905/06	39.0	43.1	-4.1	-10.6	-0.3
1906/07	85.0	65.1	19.9	23.4	1.4
1907/08	21.0	40.6	-19.6	-93.3	-1.4
1908/09	80.0	67.6	12.4	15.5	0.9
1909/10	44.0	31.3	12.7	28.9	0.9
1910/11	50.0	40.6	9.4	18.8	0.7
1911/12	19.0	22.8	-3.8	-20.2	-0.3
1912/13	22.0	42.3	-20.3	-92.2	-1.4
1913/14	78.0	65.9	12.1	15.5	0.8
1914/15	49.0	33.8	15.2	31.0	1.1
1915/16	28.0	18.6	9.4	33.5	0.7
1916/17	46.0	43.0	2.9	6.3	0.2
1917/18	46.0	44.0	2.0	4.3	0.1
1918/19	43.0	27.1	15.9	37.1	1.1
1919/20	3.0	14.4	-11.4	-379.4	-0.8
1920/21	46.0	28.8	17.2	37.5	1.2
1921/22	77.0	53.3	23.7	30.8	1.6
1922/23	11.0	31.3	-20.3	-184.4	-1.4
1923/24	46.0	45.7	0.3	0.8	0.0
1924/25	27.0	27.1	-0.1	-0.2	0.0
1925/26	43.0	43.1	-0.1	-0.3	0.0
1926/27	48.0	48.2	-0.2	-0.4	0.0
1927/28	42.0	42.3	-0.3	-0.7	0.0
1928/29	88.0	86.2	1.8	2.0	0.1
1929/30	24.0	30.4	-6.4	-26.8	-0.4
1930/31	50.0	37.2	12.8	25.6	0.9
1931/32	55.0	66.8	-11.8	-21.4	-0.8
1932/33	47.0	49.9	-2.9	-6.1	-0.9
1933/34	90.0	66.8	23.2	25.8	1.6

Tabela 5 (nadaljevanje)

Leto	N-opazovan	N-izračunan	razlike	procentualne razlike	standardizirane razlike
1934/35	39.0	49.9	-10.9	-27.9	-0.8
1935/36	27.0	16.1	10.9	40.5	0.8
1936/37	38.0	40.6	-2.6	-6.8	-0.2
1937/38	70.0	50.7	19.3	27.5	1.4
1938/39	28.0	34.7	-6.7	-23.8	-0.5
1939/40	76.1	76.1	-0.1	-0.1	-0.0
1940/41	65.0	66.8	-1.8	-2.7	-0.1
1941/42	64.0	76.1	-12.1	-18.9	-0.8
1942/43	37.0	44.0	-7.8	-21.1	-0.5
1943/44	14.0	38.9	-24.9	-177.8	-1.7
1944/45	47.0	51.6	-4.6	-9.7	-0.3
1945/46	38.0	33.8	4.2	11.0	0.3
1946/47	66.0	71.0	-5.0	-7.6	-0.3
1947/48	13.0	27.1	-14.1	-108.2	-1.0
1948/49	15.0	38.0	-23.0	-153.7	-1.6
1949/50	33.0	37.2	-4.2	-12.7	-0.3
1950/51	37.0	26.2	10.8	29.2	0.7
1951/52	50.0	68.5	-18.5	-37.0	-1.3
1952/53	85.0	51.6	33.4	39.3	2.3
1953/54	69.0	63.4	5.6	8.1	0.4
1954/55	21.0	23.7	-2.7	-12.8	-0.2
1955/56	27.0	52.4	-25.4	-94.1	-1.8
1956/57	45.0	39.7	5.3	11.7	0.4
1957/58	23.0	48.2	-25.2	-109.5	-1.7
1958/59	24.0	33.8	-9.0	-40.9	-0.7
1959/60	21.0	31.3	-10.3	-49.0	-0.7
1960/61	46.0	29.6	16.4	35.7	1.1
1961/62	42.0	41.0	0.6	1.4	0.0
1962/63	80.0	77.8	2.2	2.8	0.2
1963/64	69.0	65.1	3.9	5.7	0.3
1964/65	71.0	49.0	22.0	30.9	1.5
1965/66	48.0	30.4	17.6	36.6	1.2
1966/67	37.0	38.9	-1.9	-5.1	-0.1
1967/68	57.0	44.0	13.0	22.9	0.9
1968/69	75.0	56.6	18.4	24.5	1.3
1969/70	66.0	57.5	8.5	12.9	0.6
1970/71	38.0	44.0	-6.0	-15.7	-0.4
1971/72	82.0	42.3	39.7	48.5	2.8
1972/73	39.0	38.0	1.0	2.4	0.1
1973/74	15.0	21.1	-6.1	-41.0	-0.4
1974/75	1.0	18.6	-17.6	-1760.8	-1.2
1975/76	55.0	39.7	15.3	27.8	1.1



Slika 5 prikazuje standardizirane razlike, t.j. razlike dnevov s snežno odejo od vrednosti, ki smo jo dobili iz regresijske enačbe in te razlike delili s standardno napako ocene. Na histogramu lahko ločimo dve obdobji, ko je bilo v poprečju več dni s snežno odejo od izračunanih vrednosti po regresijski enačbi in dve obdobji, ko je bilo v poprečju manj dni s snežno odejo od izračunanih vrednosti. Prvo obdobje, ko je bila nagnjenost k negativnim vrednostim, je bilo približno do leta 1913; v drugem obdobju, približno do leta 1937, je bila nagnjenost k pozitivnim vrednostim; v tretjem obdobju, približno do leta 1960, je bila ponovno nagnjenost k negativnim vrednostim razlik dni s snežno odejo in v četrtem obdobju po letu 1960 k pozitivnim vrednostim. V vsakem obdobju pa se seveda javljajo tudi leta, ko je bilo manj ali več dni s snežno odejo od izračunanih vrednosti, kot je bila tendenca v tistem obdobju, ki pa jih je bilo precej manj.

#### ZAHVALA

Zahvaljujem se tov. dipl. ing. mat. Jožetu Roškarju za nasvete in izdelavo programov za to nalogo.

#### LITERATURA

- /1/ Manohin V.: Nekateri značilnosti zimskih temperatur v Ljubljani v zadnjih 115 letih - Razprave-Papers, DMS VI, Ljubljana 1965
- /2/ Pristov J., Trontelj M.: Zimski temperaturni ekstremi - Razprave-Papers, DMS XIX, Ljubljana 1975
- /3/ Furlan D.: Nekaj podatkov o sneženju in snežni odeji v Sloveniji - 10 let hidrometeorološke službe, Hidrometeorološki zavod LR Slovenije, Ljubljana 1975
- /4/ Arhiv Meteorološkega zavoda SRS, Ljubljana
- /5/ Vranič V.: Vjerojatnost i statistika - Tehnična knjiga, Zagreb 1965
- /6/ Čepar D.: Opis programa DSTAT 2 - Odsek za uporabno matematiko, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana 1975
- /7/ Lah P.: Opis programa UNISTAT 1 - Odsek za uporabno matematiko, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana 1973
- /8/ STATJOB - Summary, The university of Wisconsin Madison, July 1971

MERITVE PADAVIN V OKOLICI HLADILNIH STOLPOV TE ŠOŠTANJ  
MEASUREMENTS OF PRECIPITATIONS IN THE SURROUNDING OF  
COOLING TOWERS OF THERMOELECTRIC POWER STATION ŠOŠTANJ

551.577.21  
551.578

DUŠAN HRČEK

Meteorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

This paper deals with precipitations resulting from the emission of water vapour, droplets and heat emitted by the cooling towers. The measurements of precipitations in the surrounding of thermoelectric power station Šoštanj, which had been carried out for more than three years, have shown that the intensity of precipitations in close vicinity of towers even exceeds 10 mm/day, which is considerably more than the corresponding maximum level of precipitations in the surroundings of some cooling towers in Western Europe, where similar measurements have been carried out. The highest intensity of precipitations was measured in winter in days with high relative humidity, frequently also accompanied by fog and weak wind. A comparatively high increase in the quantity of precipitations in the surroundings of cooling towers was measured also in days with natural precipitations.

POVZETEK

V prispevku obravnavamo padavine, ki so posledica emisije vodne pare, kapljic in toplote iz hladilnih stolpov. Iz meritev padavin v okolici termoelektrarne v Šoštanju, ki so trajale več kot tri leta, izhaja, da intenziteta padavin v neposredni bližini stolpov celo preseže 10 mm/dan, kar je mnogo več, kot je ustrezna maksimalna višina padavin pri nekaterih hladilnih stolpih v zahodni Evropi, kjer so izvajali podobne meritve. Največja intenziteta padavin je bila izmerjena pozimi, v dneh z visoko relativno vlago, pogosto tudi z meglo in šibkim vetrom. Razmeroma močan porast količine padavin v bližini hladilnih stolpov je bil zabeležen tudi v dneh z naravnimi padavinami.

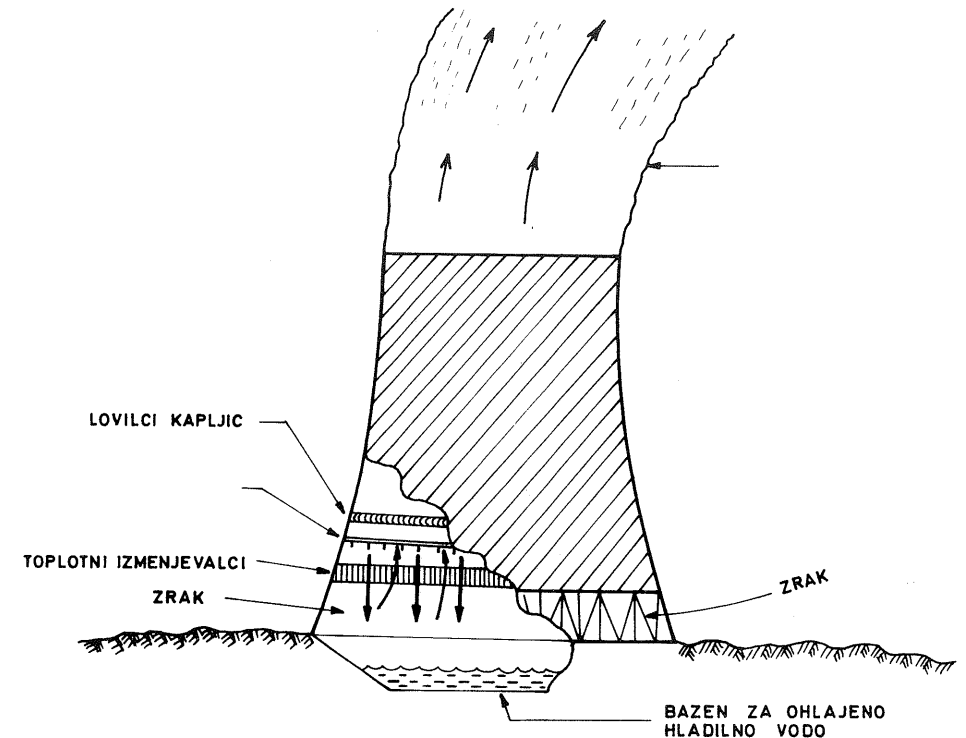
Pri mnogih termoelektrarnah in nuklearnih elektrarnah uporabljajo za hlajenje sistem hladilnih stolpov. Ta sestoji iz praktično zaprtega kroženja hladilne vode, ki sprejema toploto v kondenzatorju in jo oddaja v zrak v hladilnem stolpu. Najbolj so razširjeni odprti vodni hladilni stolpi na naraven vlek, ki delujejo na protitočnem principu voda - zrak. Imajo obliko tudi več kot sto metrov visokih prisekanih hiperboličnih stožcev (slika 1). Voda, ki jo je treba ohladiti, se črpa na določeno višino v spodnjem delu notranjosti hladilnega stolpa, od koder teče navzdol skozi toplotne izmenjalce. Pri tem se del razprši v kapljice. Topla hladilna voda greje zrak, zato se vzpostavi zračni tok, ki vstopa skozi odprtino v vzhodju stolpa, se dviga skozi stolp in izstopa skozi odprtino na vrhu. Zračni tok dviguje tudi kapljice, ki so dovolj majhne. Večina toplote, ki jo oddaja hladilna voda v stolpu, je v obliki latentne toplote, ki se s kasnejšo kondenzacijo lahko sprosti v atmosferi. Preostanek toplote pa gre v zrak predvsem s prevajanjem in konvekcijo. V procesu hlajenja s hladilnimi stolpi se prenaša v zrak velika količina energije z močjo, ki znaša 100 - 150% koristne moči elektrarne. Hanna /1/ navaja podatek, da izhlapi v odprtih vodnih hladilnih stolpih okrog 4 t vode na uro na megavat. Poleg tega, da so hladilni stolpi močan vir emisije vodne pare, so tudi vir emisije vodnih kapljic, ki s kondenzirano vodno paro tvorijo nad stolpom oblak kumulusne oblike.

Vpliv delovanja hladilnih stolpov na lokalne meteorološke razmere se kaže predvsem v naslednjih meteoroloških parametrih in pojavih: oblačnost, megla, vidnost, relativna vlaga in padavine. Spremembe drugih parametrov, na primer temperature zraka pri tleh v okolici stolpa ali osonečenja v širši okolici, lahko zanemarimo, kar so ugotovili z uporabo numeričnih modelov oblaka nad hladilnim stolpom /2/.

Problem vpliva hladilnih stolpov na lokalne meteorološke razmere so v svetu že precej raziskovali, in to predvsem v deželah, kjer je ta sistem hlajenja razširjen in ga že dalj časa uporabljajo. Pri nas smo začeli s prvimi meteorološkimi meritvami v zvezi s tem problemom leta 1973 pri termoelektrarni Šoštanj (TEŠ).

#### PADAVINE IZ OBLAKA NAD HLADILNIM STOLPOM

Nastanek padavin iz oblaka nad hladilnim stolpom je bil dolgo časa neznan. Prevladovalo je mnenje, da nastajajo v glavnem zaradi kondenzacije vodne pare v oblaku nad stolpom. Končno so z enostavnim merjenjem elektro prevodnosti padavinske vode in vode v hladilnem sistemu ugotovili, da sta ti dve vrednosti pogosto približno enaki /3/. Z vpeljavo



Slika 1 Odprt vodni hladilni stolp.

Fig. 1 An open water cooling tower.



Slika 2 Merilna mesta za padavine v Šoštanju.

Fig. 2 Measurement stations for precipitations in Šoštanj.

lovilcev kapljic, to je naprav, ki ulovijo do 95% kapljic velikostnega reda  $100\mu$  iz vertikalnega toka v stolpu, so nato občutno zmanjšali količino padavin iz oblaka nad hladilnim stolpom.

Intenziteta obravnavanih padavin je odvisna od mnogih faktorjev. Glavne izmed njih deli Brennan /4/ v dve skupini:

parametri hladilnega stolpa	atmosferski parametri
emisija zaznavne toplote	stabilnost
emisija latentne toplote	hitrost vetra
volumski tok zraka	turbulenca
izstopna temperatura	temperatura
vodnost izstopajočega zraka	
vertikalna hitrost na izstopu	relativna vlaga

Atmosferski parametri do neke mere vplivajo na parametre hladilnega stolpa. Za obliko oblaka in intenziteto padavin je važna tudi vertikalna razporeditev pomembnejših meteoroloških parametrov in razporeditev hladilnih stolpov, če jih je več.

Pogoste padavine same po sebi niso zaželene, zlasti če leži elektrarna v neposredni bližini naselja. V hladilni vodi je zaradi skoraj zaprtega kroženja precej raztopljenih škodljivih snovi, ki so potem tudi v padavinah. Pri temperaturi pod  $0^{\circ}\text{C}$  se v okolici hladilnih stolpov pogosto pojavlja poledica, kar je še posebej neugodno, če so v bližini prometne ceste. Tudi nabiranje ledu na daljnovodih in drugih napravah lahko povzroča občutno škodo.

V Veliki Britaniji so merili višino padavin v bližini hladilnih stolpov različnih elektrarn /5,6/. Merili so v različnih vremenskih razmerah in v različnih razdaljah od stolpov. Vsi ti hladilni stolpi pa so imeli lovilce kapljic. Ugotovili so, da je intenziteta padavin močno odvisna od relativne vlage. Pri relativni vlagi nad 85% so opazili vlaženje cestnih površin, ki se pojavi pri intenziteti nad  $7\text{ mg/m}^2\text{s}$  ( $0,6\text{ mm/dan}$ ). Pri vlagi nad 90% je vlaženje cestnih površin v bližini hladilnih stolpov reden pojav. Maksimalno intenziteto, ki je imela red velikosti  $1\text{ mm/dan}$ , so izmerili v smeri vetra v določeni razdalji od hladilnega stolpa, kjer je oblačna sled občasno prihajala do tal.

#### TERMOELEKTRARNA ŠOŠTANJ IN MERITVE PADAVIN V NJENI OKOLICI

TE Šoštanj ( $360\text{ m n.m.}$ ) stoji na robu mesta ob cesti Šoštanj-Velenje ob vznožju gričevja, ki z južne strani zapira Šaleško dolino. Prva in

druga faza TEŠ imata skupaj moč 135 MW, tretja pa 275 MW. Dva hladilna stolpa sta visoka po 60 m, hladilni stolp tretje faze pa 94 m. To so protitočni (voda - zrak) hladilni stolpi, ki nimajo lovilcev kapljic.

V zvezi s projektiranjem IV. faze TEŠ je Hidrometeorološki zavod SRS izvajal meteorološke meritve v Šoštanju in okolici, in sicer od januarja do marca 1973. Za proučevanje vpliva hladilnih stolpov na meteorološke razmere v okolici so pomembna predvsem opazovanja oblaka nad stolpom, meritve vertikalnih temperaturnih gradientov v do 500 m debeli plasti zraka nad Šoštanjem in meritve količine padavin na šestih mestih v bližini hladilnih stolpov. Opravljenih pa je bilo tudi nekaj kemičnih analiz padavinske vode.

Razporeditev merilnih mest je bila naslednja: štiri ombrometri na merilnih mestih 2 do 5 so bili postavljeni v smeri NW od stolpov, to je približno v smeri osi Šaleške doline, v razdaljah od 100 do 840 m od večjega hladilnega stolpa. En ombrometer je bil med hladilnimi stolpi (št. 1), eden pa na začasni meteorološki postaji (št. 6), kjer so merili tudi vertikalne temperaturne gradiente. Merilna mesta so na sliki 2. Merili so enkrat na dan. Ko je HMZ zaključil meritve v Šoštanju, so merili padavine dalje v okviru TEŠ. Ves čas meritev je v bližini hladilnih stolpov delovala navadna meteorološka postaja. V Šaleški dolini pa sta tudi dve padavinski postaji republiške mreže, in to v Šoštanju (št. 7 na sliki 2) in v Topolščici, ki je 4 km severozahodno od TEŠ. Poleg podatkov teh dveh postaj smo uporabili tudi podatke klimatološke postaje v Velenju, 6 km jugovzhodno od Šoštanja, kjer računamo, da so vplivi emisije hladilnih stolpov zanemarljivi.

## REZULTATI MERITEV

Padavine, ki so posledica emisije hladilnih stolpov, so se v Šoštanju pojavljale v obliki rosenja in dežja. Pri dovolj nizki temperaturi pa sta bila zabeležena tudi zmrznjen dež in sodra. V padavinskih dneh je bil večkrat opazovan pojav, da so se pričele padavine v Šoštanju prej kot v okolici, prenehale pa so kasneje.

Rezultate meritev padavin smo razdelili v dve skupini, in sicer padavine v okolici TEŠ v nepadavinskih in padavine v padavinskih dneh. Ti dve skupini podatkov smo obdelali ločeno.

Višine padavin v nepadavinskih dneh

V prvi skupini so podatki o padavinah v bližini hladilnih stolpov, ko na

Datum	Višina padavin (mm) na merilnih mestih							min. temp. °C	srednja dnevna		smer in jakost (bf) vetra					
	1	2	3	4	5	6	7		temp. °C	rel. vlaga %	oblačnost	7	14	21	7	
22.1.1973	9.8	7.0	2.7	1.3	0.7	0.6	-	-1.4	0.2	95	10.0	10.0	C	C	C	12
12.1.1974	13.5	2.0	1.5	1.1	0.0	0.0	-	-2.0	-0.1	90	7.8	7.8	32	28	C	28
16.1.1974	9.6	0.8	0.1	0.1	-	-	-	-1.9	-0.0	92	10.0	10.0	28	C	C	C
29.1.1974	11.4	1.5	0.2	0.2	0.1	0.2	-	-4.3	1.7	84	4.0	4.0	C	C	C	8
30.1.1974	8.8	1.9	0.3	0.1	0.1	0.1	-	-1.0	1.1	88	3.8	3.8	C	C	C	4
7.12.1974	8.1	1.2	0.1	0.0	-	-	-	-2.5	1.5	86	5.1	5.1	C	C	C	C
11.12.1974	9.5	3.3	3.0	1.0	0.5	0.6	0.4	2.6	3.4	89	5.0	5.0	C	C	C	8
5.1.1975	9.2	3.2	0.4	0.0	-	-	-	-3.2	0.8	85	2.5	2.5	32	C	C	C
21.1.1975	11.7	0.7	0.0	-	-	-	-	-1.6	3.8	91	7.0	7.0	C	C	C	C

Tabela 1 Višine padavin ob nepadavinskem vremenu v dneh z intenziteto nad 8 mm/dan na merilnem mestu 1 in osnovni meteorološki podatki postaje Velenje.

Table 1 Level of precipitations in days without natural precipitations and with intensities exceeding 8 mm/day measured in station 1, and basic meteorological data obtained in Velenje station.

kontrolnih postajah v Velenju in Topolščici, kakor tudi na merilnih mestih v Šoštanju, ki so najbolj oddaljena od TEŠ, ni bilo padavin, oziroma da višina padavin na najbolj oddaljenih merilnih mestih v Šoštanju ni presegla 1.0 mm. Da bi se izognili napakam, ki lahko nastanejo zaradi lokalnih ploh, in ker nas zanima predvsem vreme ob intenzivnejših padavinah, smo natančneje obdelali le podatke meritev v dneh, ko je višina padavin na merilnem mestu št. 1 (med stolpi) presegla 5 mm. V času meritev je bilo takih primerov 28 in vsi so bili zabeleženi v hladni polovici leta (od oktobra do aprila).

V tabeli 1 navajamo meritve v dneh, ko ni bilo "naravnih" padavin, višina padavin na merilnem mestu med hladilnimi stolpi pa je presegla 8 mm. Padavine smo merili ob 7. uri zjutraj, zato smo pri računanju poprečij meteoroloških parametrov v tabeli 1 upoštevali poleg termina ob 7. uri tudi vse tri klimatološke termine prejšnjega dne.

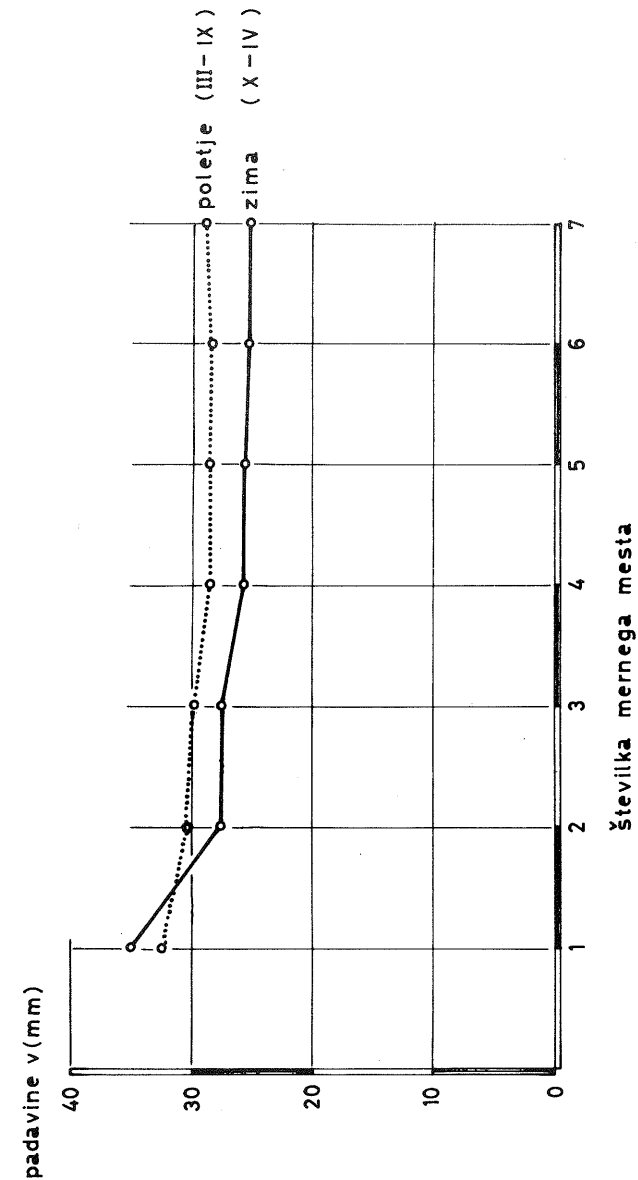
Največ padavin smo namerili na merilnem mestu med hladilnimi stolpi. Količina padavin nato naglo pada z razdaljo od hladilnih stolpov, tako da v oddaljenosti 560 m ni presegla 1,3 mm. Najintenzivnejše padavine so bile v dneh z visoko relativno vlago. Pihal je zelo šibek veter, tako da je bila v večini terminov v teh dneh zabeležena kalma. V sedmih dneh od devetih je bil zabeležen pojav megle, v preostalih pa je bila nizka oblačnost. Minimalna temperatura zraka je bila razen v enem primeru pod 0°C. 23.1.1973 je bila v Šoštanju inverzija. Za druge primere ni bilo meritev vertikalnih temperaturnih gradientov, vendar lahko iz podatkov o pojavu megle in jakosti vetra sklepamo, da je bila tudi v drugih primerih verjetno inverzija.

V času meritev, ko je elektrarna obratovala, ni bilo padavin le ob suhem in vetrovnem vremenu. Teh primerov nismo natančneje analizirali.

#### Višina padavin v deževnem vremenu

Posebej smo obdelali padavine v okolici hladilnih stolpov v dneh, ko so bile zabeležene padavine tudi na kontrolnih merilnih mestih v Velenju in Topolščici. Zaradi nehomogenosti razporeditve padavin pride lahko na ta način do napak. Zato smo natančneje obdelali le primere, ko je bilo na merilnem mestu med hladilnimi stolpi več kot 20 mm padavin, ne glede na obratovanje oz. obremenitev elektrarne. V času meritev, to je od januarja 1973 do oktobra 1976, je bilo 60 takih primerov, od tega 25 v hladnem delu leta (od oktobra do aprila), 35 pa v toplejšem delu leta.

Zanimiva je primerjava krivulj, ki podajata poprečno višino padavin nad 20 mm v odvisnosti od razdalje od hladilnih stolpov za zimski in poletni čas (slika 3). Točke na abscisi so podane shematično, ker merilna mesta niso bila vsa v isti smeri od stolpov.



Slika 3 Poprečna višina padavin nad 20 mm na posameznih merilnih mestih v Šoštanju za zimski in poletni čas.

Fig. 3 The mean level of precipitations exceeding 20 mm, in different measurement stations in Šoštanj - for winter and summer periods.

Višino najintenzivnejših zimskih padavin v času meritev podajamo v tabeli 2. Na merilnem mestu med hladilnimi stolpi je bilo v teh primerih v poprečju okrog 15 mm padavin več kot na oddaljenejših merilnih mestih severozahodno od TEŠ. V enem primeru pa je bila ta razlika celo okrog 25 mm.

Tabela 2 Padavine v Šaleški dolini v zimskem času v dneh z intenziteto nad 40 mm/dan na merilnem mestu 1.

Table 2 Precipitations in Šaleška dolina (valley), measured during winter in days with the intensity exceeding 40 mm/day in measurement station 1.

merilno datum	1	2	3	4	5	6	Šoštanj	Topolščica	Velenje
5.3.1974	61.3	37.0	39.6	34.6	34.7	35.2	34.1	37.0	29.2
5.10.1974	81.5	70.0	72.1	67.0	68.9	73.3	69.0	61.0	77.6
21.10.1974	60.0	44.6	51.3	45.5	46.6	44.5	51.6	52.0	54.9
30.3.1975	42.2	31.6	30.9	29.0	28.3	31.3	32.9	41.0	27.3
17.10.1975	47.5	35.0	35.5	36.0	35.6	34.2	38.9	33.0	38.5
x	58.5	43.6	45.9	42.4	42.8	43.7	45.3	44.8	45.5

Tudi v padavinskem vremenu je torej vpliv hladilnih stolpov na višino padavin večji v zimskem času kot v poletnem. To je razumljivo, saj je nasičeni parni pritisk funkcija temperature. Emisija vodne pare, kapljic in toplote pa vpliva tudi na intenziteto padavin iz naravnih oblakov, ki imajo dovolj nizko bazo (trigger effect). Teoretično je intenziteta padavin večja tudi zaradi tega, ker so v kapljicah, ki jih emitira hladilni stolp, raztopljene različne snovi. Kemična analiza padavinske vode je dala namreč razmeroma visoko koncentracijo sulfatov in sulfitov, nekaj je bilo tudi kloridov ter elementov Ca, Mg in Na. Žal niso bile hkrati izvršene tudi ustrezne analize hladilne vode, tako da se iz teh podatkov ne da sklepati na procese v oblaku nad hladilnim stolpom.

#### DISKUSIJA

Intenziteta padavin iz oblaka nad hladilnimi stolpi pri TE Šoštanj precej presega vrednosti, ki jih navaja literatura. Za tako velike razlike v intenziteti padavin je več vzrokov, ki so posledica tehnične izvedbe stolpov in klimatskih elementov, ki so odločilni pri nastajanju padavin.

Pri tehnični izvedbi so mišljeni predvsem lovilci kapljic. Hladilni stolpi,

ki jih omenja literatura, imajo vgrajene lovilce kapljic. V hladilnih stolpih TEŠ pa jih ni, zato je vodnost izstopajočega zraka precej večja.

Glede na klimo zahodne Evrope in Velike Britanije so v Šaleški dolini razmeroma hladne zime. Velika je pogostost temperaturne inverzije z meglo ali nizkim stratusom. Poprečna hitrost vetra je v Šoštanju glede na vetrovne razmere v zahodni Evropi, kjer so hladilni stolpi, zelo nizka. V dneh z močno temperaturno inverzijo pa je praktično brezvetrje. V Šoštanju so torej take klimatske razmere, ki povzročajo razmeroma močne padavine v bližini hladilnih stolpov, tako da računamo, da bi bile padavine v okolici TE Šoštanj kljub lovilcem kapljic močnejše od tistih, ki jih navaja literatura.

#### LITERATURA

- /1/ Hanna S.R.: Rise and condensation of large cooling tower plumes, Journal of Appl. Meteor., 1972, Vol. 11, No. 5.
- /2/ Bøgh P., Hopkirk R., Junod A., Zuend H.: A new method of assessing the environmental influence of cooling towers, Nuclex 72, Technical meeting no. 9/25.
- /3/ Gardner B.R., Lowe H.J.: The research and development background to the environmental problems of natural draught cooling towers, Atmospheric Environment, 1974, Vol. 8, No. 4.
- /4/ Brennan P.T. in ostali: The observed rise of visible plumes from hyperbolic natural draft cooling towers, Atmospheric Environment, 1976, Vol. 10, No. 6.
- /5/ Martin A., Barber F.R.: Measurements of precipitation downwind of cooling towers, Atmospheric Environment, 1974, Vol. 8, No. 4.
- /6/ Martin A.: The influence of a power station on climate - a study of local weather records, Atmospheric Environment, 1974, Vol. 8, No. 4.

PRIMERJAVA REZULTATOV ANALIZ PADAVIN TREH RAZLIČNIH  
KRAJEV V SLOVENIJI

THE COMPARISON OF RESULTS OF ANALYSES OF PRECIPITATIONS  
AMONG THREE DIFFERENT PLACES IN SLOVENIA

551.577.13

MARIJA BONAČ in ZALIKA RAJH-ALATIČ

Meteorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

Chemical composition of the atmosphere has a great influence on the composition of precipitations, therefore the presence of certain compounds in precipitations can be an indicator of air-pollution. This paper presents the results of analyses of precipitations from three different stations in Slovenia (Ljubljana, Jezersko and Koper). Electro-conductivity and pH of precipitations were treated, as well as the following compounds: sulphate, nitrate, chloride and the metallic elements Ca, Mg, Na and K. All three analyses were made by having taken monthly samples of precipitations in the years 1971-75, and indicate that the air-pollution concentration has increased in urban areas and also in places without local pollution sources.

POVZETEK

Kemijska sestava atmosfere ima velik vpliv na sestavo padavin, zato je lahko vsebnost nekaterih komponent v padavinah indikator onesnaženosti zraka. V tem delu so podani rezultati analiz padavinskih voda iz treh različnih krajev Slovenije (Ljubljana, Jezersko, Koper). Obdelana sta pH in elektroprevodnost padavin ter naslednje sestavine: sulfat, nitrat in klorid ter kovine Ca, Mg, Na in K. Vse analize so izvršene v mesečnih vzorcih padavin v letih 1971 - 1975 in kažejo naraščanje koncentracij onesnaženosti zraka tako v urbanem področju kakor tudi v okolju, kjer ni lokalnih virov onesnaževanja.

UVOD

Kemijska sestava padavinskih voda je v največji meri odvisna od sestave



zraka, s katerim pridejo vodne kapljice pri lebdenju v zraku in prehodu skozi zračne plasti v stik. Za hidrofilne komponente v zraku so vodne kapljice namreč zelo dobro topilo, zato se lahko poišče zveza med sestavo padavin in onesnaženostjo atmosfere /4/, ne glede na to, ali je onesnaženost zraka na določenem predelu posledica emisije onesnaženja ali transporta onesnaženja. Dobra zveza se najde med imisijskimi koncentracijami  $\text{SO}_2$  in dušikovih oksidov in vsebnostjo sulfatov ter nitratov v padavinah. Obravnavali bomo rezultate analiz padavin, in sicer mesečne vzorce padavin treh lokacij za leta 1971 - 1975, ki se med seboj bistveno razlikujejo. Merilna mesta smo izbrali:

- a) Ljubljana - Bežigrad, ki predstavlja izrazito urbano področje z velikim onesnaževanjem;
- b) Jezersko - čisto področje brez izrazitih lokalnih virov onesnaževanja; zato je to merilno mesto v bistvu postaja za merjenje koncentracije ozadja;
- c) Koper - predstavlja obmorsko urbano področje, kjer se čuti vpliv bližnjih industrijskih centrov in bližine morja.

V padavinah iz vseh treh merilnih mest smo primerjali pH-vrednosti, elektroprevodnosti, koncentracije sulfatnih, nitratnih in kloridnih ionov ter Ca, Mg, K, Na. Pri vseh analizah smo uporabili analitične metode, ki jih priporoča Svetovna meteorološka organizacija /1,2/. Pripomniti moramo, da so primerjave za leto 1975 brez podatkov za mesec december, zato so mesečni povprečki za leto 1975 pri nekaterih komponentah občutno nižji (sulfat, elektroprevodnost).

#### pH - VREDNOSTI

Kisle komponente v zraku ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), ki dajejo z vodnimi kapljicami razredčene kisline, povzročajo kislost padavin. Iz slike 1 je razvidno, da se pH-vrednost v zadnjih letih konstantno zmanjšuje, kar kaže na povečanje kislih onesnaževalcev v zraku. Izrazit padec pH-vrednosti je viden v padavinah z merilnega mesta Koper, kar je lahko posledica velikega povečanja koncentracij nitratnih ionov.

#### ELEKTROPREVODNOST

Elektroprevodnost je merilo za vsebnost vseh raztopljenih soli v padavinah. Na sliki 2 vidimo, da elektroprevodnost ljubljanskih padavin nekajkrat preseže elektroprevodnost padavin na Jezerskem.

#### KONCENTRACIJA SULFATNIH IONOV

Sulfatni ioni v padavinah so produkt oksidacije  $\text{SO}_2$  in drugih žveplovih spojin v zraku. Velike koncentracije sulfatnega iona v ljubljanskih padavinah so posledice zgorevanja različnih goriv številnih kurišč za ogrevanje /5/. Iz slike 3 vidimo, da so koncentracije sulfatnih ionov v koperskih padavinah občutno manjše od ljubljanskih. Vzrok je manjša poraba goriv na koperskem območju. Značilen je potek diagrama za padavine na Jezerskem, ki kaže povečevanje sulfatnih ionov v padavinah.

#### KONCENTRACIJA NITRATNIH IONOV

Nitrati v padavinah so produkt oksidacije dušikovih oksidov v zraku. Največ dušikovih oksidov pride v zrak z izpušnimi plini avtomobilskega prometa. Iz slike 4 je razviden izrazit porast koncentracije nitratnih ionov v Ljubljani v zadnjih dveh letih, kar lahko pripišemo povečanim koncentracijam  $\text{NO}_x$  /3/. Vsebnost nitratnih ionov v padavinah z Jezerskega ves čas narašča.

#### KONCENTRACIJA KLORIDNIH IONOV

Vsebnost kloridnih ionov v padavinah je značilna za obmorska področja, ker pridejo kloridni ioni v zrak z morskimi penami (slika 5). V zimskih mesecih se pojavijo večje koncentracije kloridnega iona tudi v urbanih področjih.

#### KONCENTRACIJE NATRIJEVIH, KALIJEVIH, KALCIJEVIH IN MAGNEZIJEVIH IONOV

Na, K, Ca, Mg so elementi, ki se sicer ne obravnavajo kot onesnaževalci, ampak so predvsem biološkega značaja. V zraku jih je precej, kar se kaže tudi v padavinah. Največji del jih pride v zrak iz zemeljskega prahu (veter), lahko pa tudi kot produkti raznih postopkov (npr. Ca pri zgorevanju premogov). Rezultate analiz Na, K, Ca, Mg prikazuje slika od 6 - 9.

Pokazalo se je, da se zmanjšuje koncentracija Ca ionov v ljubljanskih padavinah, koncentracija Mg ionov pa narašča na vseh treh merilnih mestih. Koncentracije Na ionov so zaradi bližine morja v koperskih padavinah najvišje.

## ZAKLJUČKI

Globalna onesnaženost zraka z  $\text{SO}_2$  in  $\text{NO}_x$  tudi pri nas narašča, kar potrjuje povečevanje koncentracij sulfatnih in nitratnih ionov v padavinah na čistem področju (merilno mesto Jezersko).

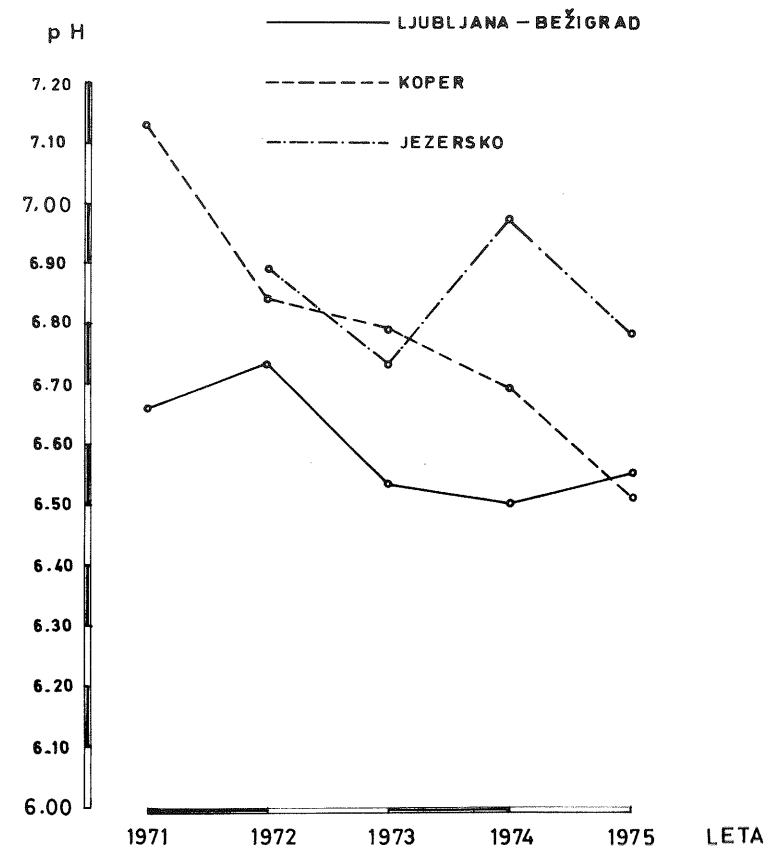
Koncentracija nitratnih ionov v ljubljanskih padavinah se je v zadnjih letih močno povečala, kar je vsekakor posledica stalnega slabšanja prometnih razmer v Ljubljani.

Vsebnost Ca se v ljubljanskih padavinah že od leta 1972 zmanjšuje, kar si razlagamo s postopno zamenjavo trdnih goriv s tekočimi.

Kislost padavin vztrajno narašča, vendar še ni kritično, tako kot v skandinavskih deželah /6/. Kljub temu bi pa morali začeti bolj pozorno spremljati transport onesnaženosti iz sosednjih dežel in oceniti naš prispevek k onesnaženosti ozračja.

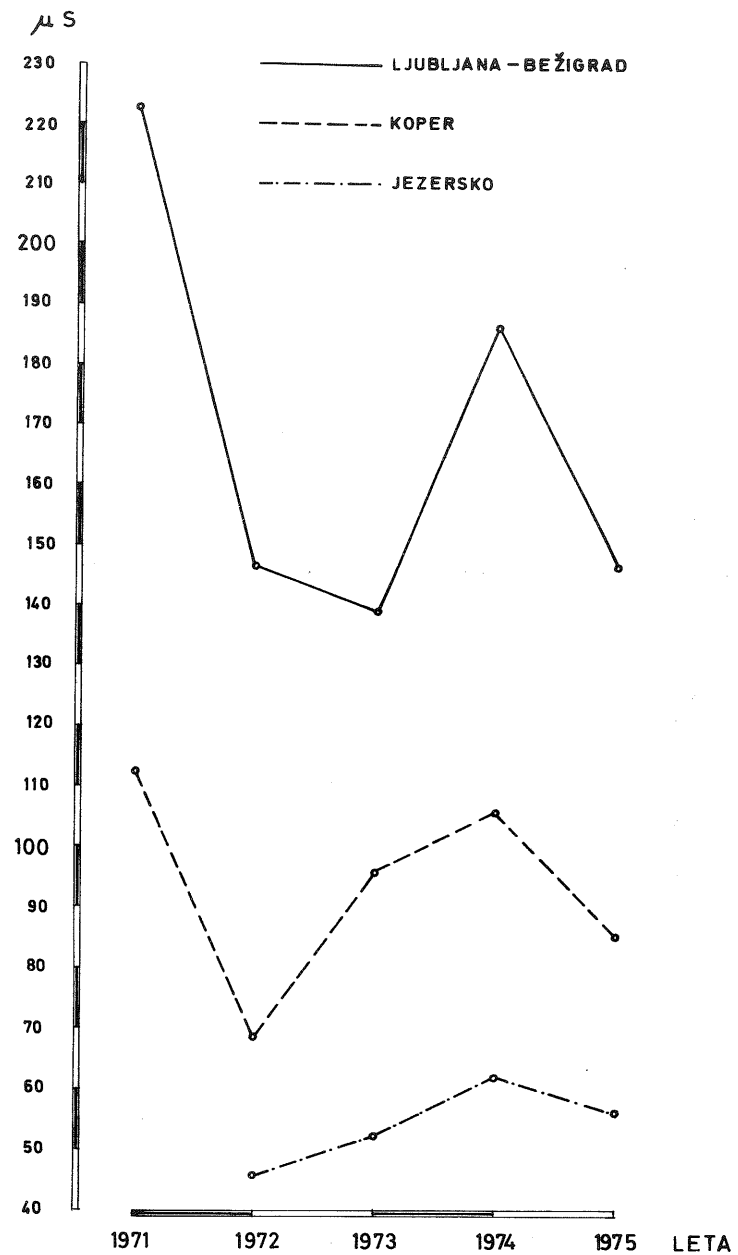
## LITERATURA

- /1/ WMO Operations Manual for Sampling and Analysis Techniques for Chemical Constituents in Air and Precipitation. WMO - No. 299, Geneva 1974.
- /2/ Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Verlag Chemie, Weinheim, 1960, No. 60 27.
- /3/ Alatič-Rajh Z., Paradiž B.: Razdelitev koncentracij  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  in oksidantov v mestu Ljubljana. Zaščita atmosfere, III, No. 5, 1975.
- /4/ England C., Corcoran W.H.: Kinetics and Mechanisnis of the Gas - Phase Reaction of Water Vapor and Nitrogen Dioxide. Ind. Eng. Chem., Fundam., Vol. 13, No. 4, 1974.
- /5/ Paradiž B., Zupančič T.: Spremembe osnovnih karakteristik onesnaženosti zraka v Ljubljani. III. Simpozij o varstvu zraka pred onesnaženjem, Ljubljana, februar 1976.
- /6/ Nyberg A.: On Transport of Sulphur over the North Atlantic. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Nr. RMK 6, 1976.

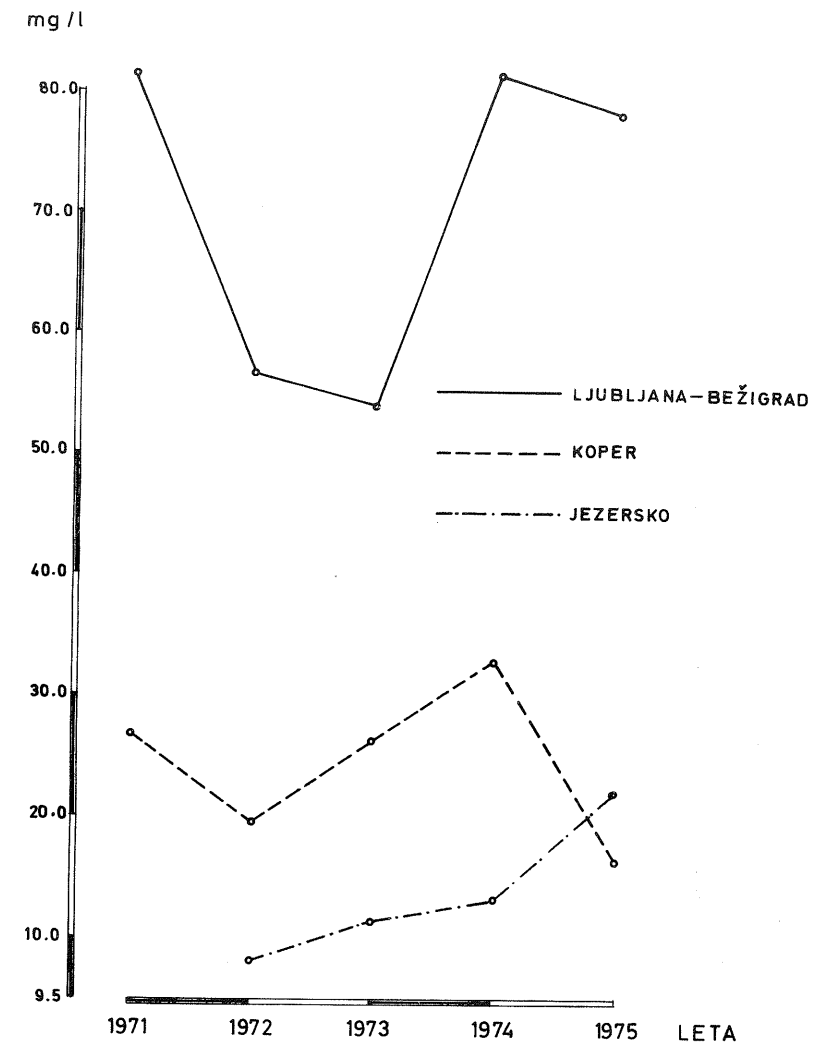


Slika 1 pH padavin

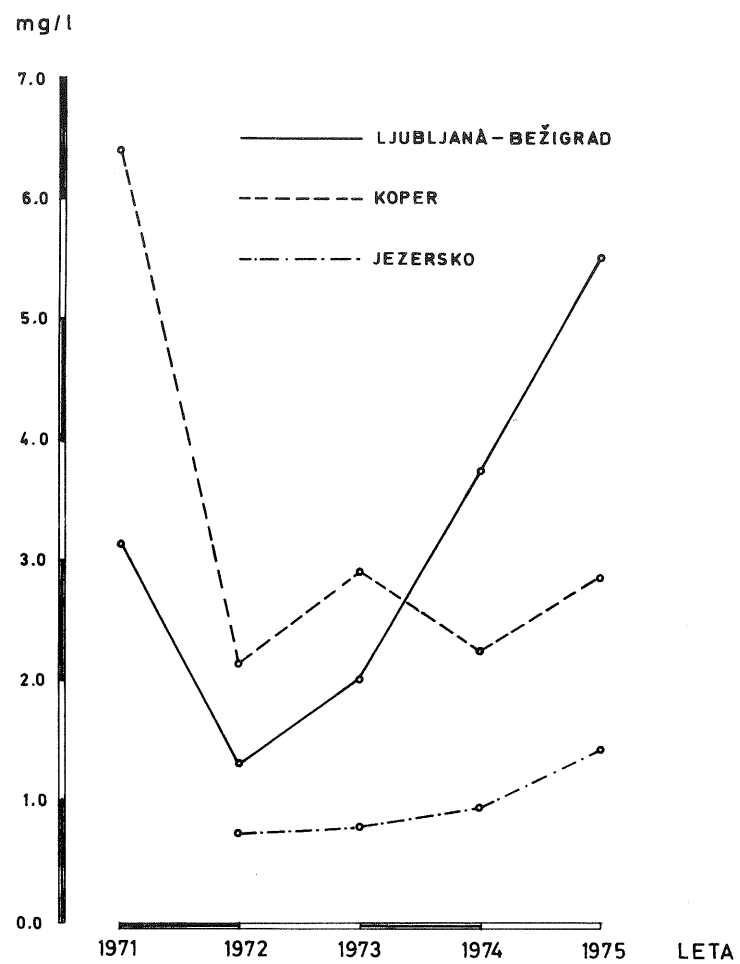
Fig. 1 pH of precipitations



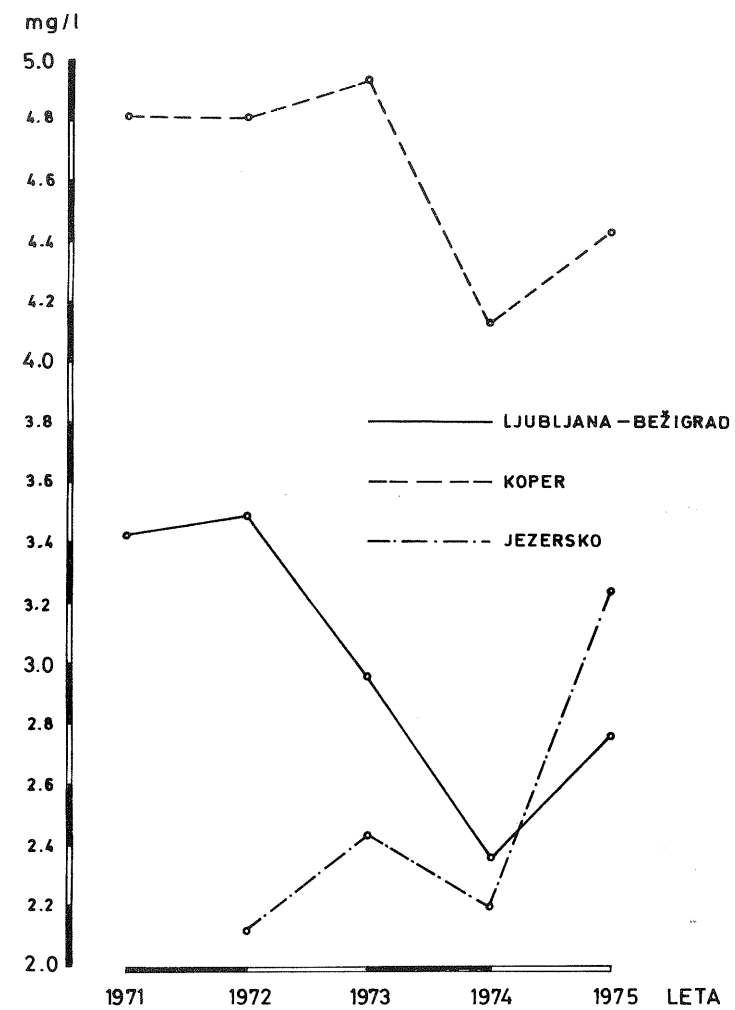
Slika 2 Elektroprevodnost padavin  
 Fig. 2 Electro-conductivity of precipitations



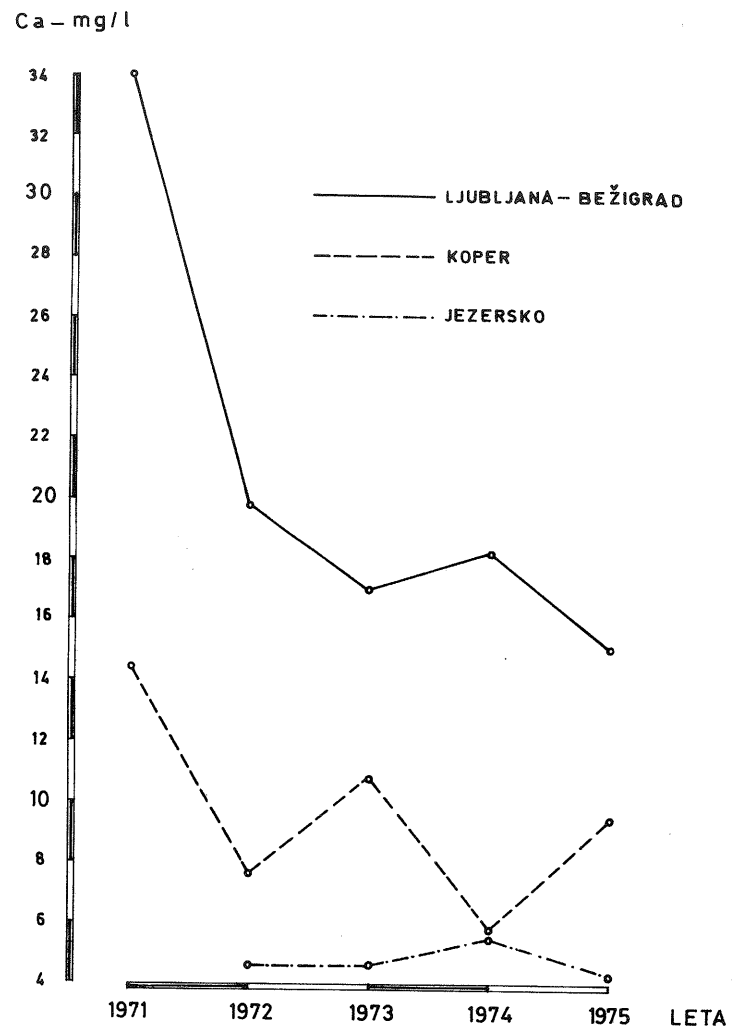
Slika 3 Koncentracije sulfatnega iona v padavinah  
 Fig. 3 Concentrations of sulphate ion in precipitations



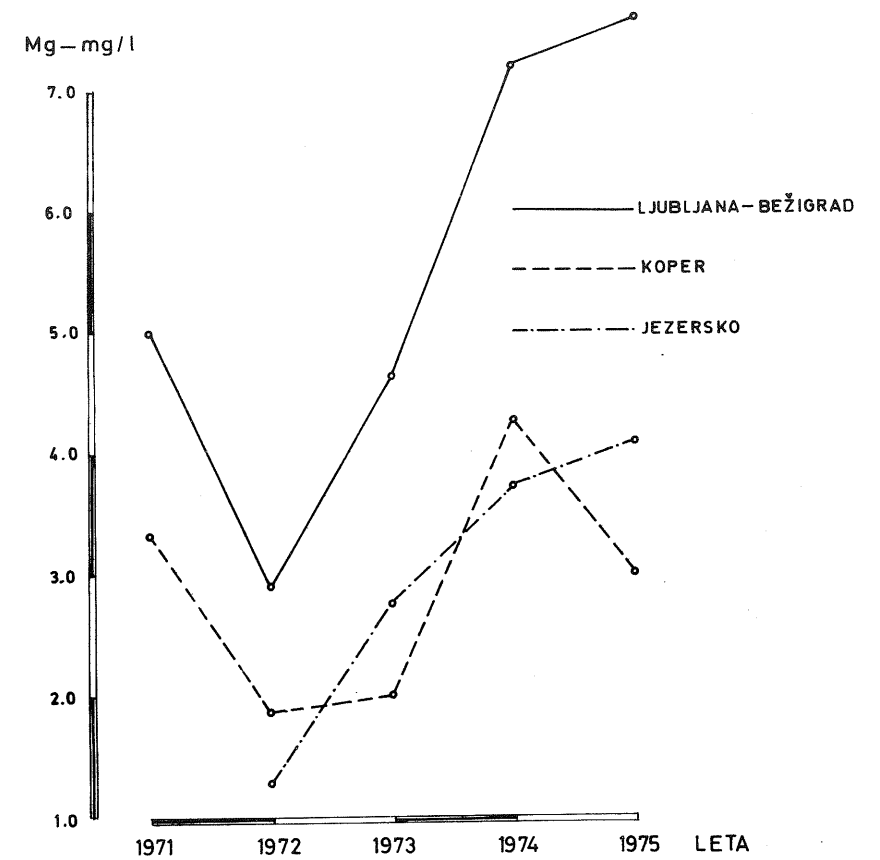
Slika 4 Koncentracije nitratnega iona v padavinah  
Fig. 4 Concentrations of nitrate ion in precipitations



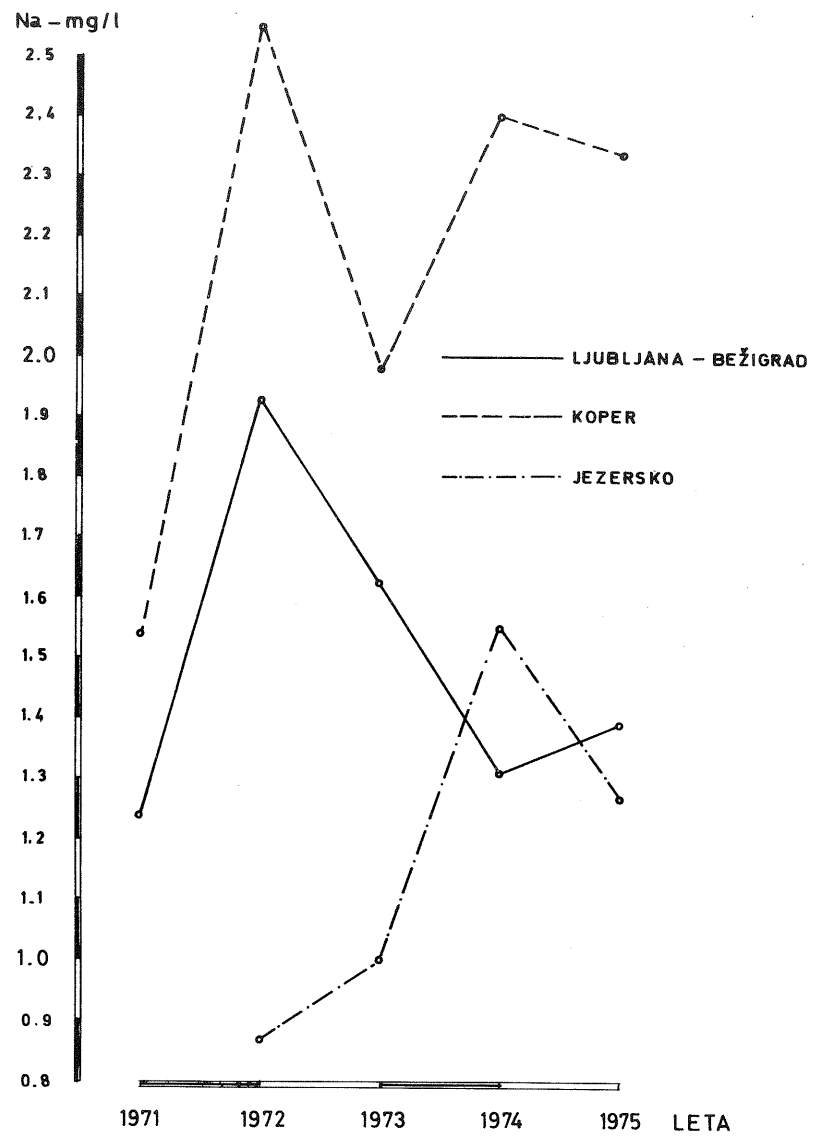
Slika 5 Koncentracije kloridnega iona v padavinah  
Fig. 5 Concentrations of chloride ion in precipitations



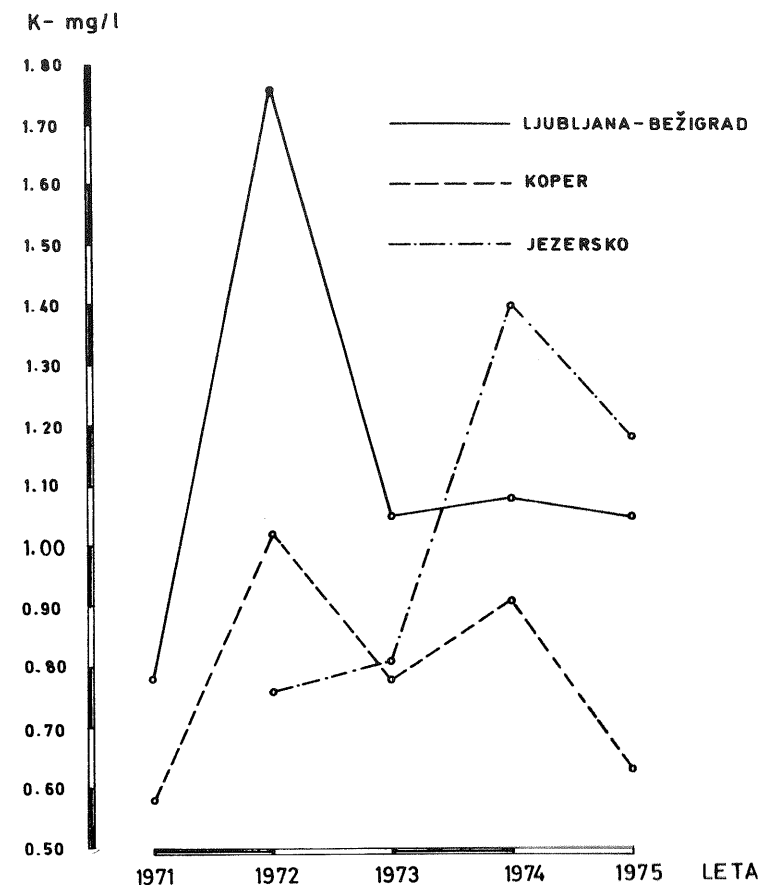
Slika 6 Koncentracije kalcija v padavinah  
 Fig. 6 Concentrations of calcium in precipitations



Slika 7 Koncentracije magnezija v padavinah  
 Fig. 7 Concentrations of magnesium in precipitations



Slika 8 Koncentracije natrija v padavinah  
 Fig. 8 Concentrations of sodium in precipitations



Slika 9 Koncentracije kalija v padavinah  
 Fig. 9 Concentrations of potassium in precipitations