

VREMENSKI POGOJI OB VISOKEM ONESNAŽENJU ZRAKA
WEATHER CONDITIONS FOR THE POLLUTION OF AIR

Janko PRISTOV
Meteorološki zavod SRS, Ljubljana

551.510.42:
551.590.39

SUMMARY

The method of forecasting the weather conditions enabling the formation of high concentrations of air pollution is essentially different from the one used for larger areas. Here, macroweather situations do not exercise such a great influence, and it is not so important whether the layers of free atmosphere are spread stably or unstably; the influence depends on circumstances which occur up to the height of a few hundreds of meters, and also on the configuration of basins.

The formation of high concentrations in basins mostly depends on cold-air lakes and their thickness, i. e. on the cooling degree of ground layers. Circumstances that are especially favourable for the formation of high concentrations, are young anticyclones or barically weak-gradient field, when the layer of cold air is in the process of being formed, as radiation is stronger than insolation. In winter, when cold-air lakes are very persistent, cyclonal circulation often - even with its frontal systems - does not remove cold-air lakes, but the upper layer of cold-air lake is usually considerably lowered only, which creates perfect conditions for the formation of high air pollution concentrations.

It has been ascertained that in Ljubljana, situated in a basin, high concentrations are formed at very weak winds, and at the most frequent mean daily temperature being around 0° C. High air pollution concentrations are frequently accompanied by fog, which, however, is not a necessary condition. In the main winter period the formation of high concentrations is more frequent in cyclonal than in anticyclonal situations, but the situation is opposite for all the other months. Cases when high air pollution concentrations have occurred in anticyclonal weather with expressive subsidiary inversion, are very rare.

POVZETEK

Pojavljanje visokih koncentracij onesnaženosti zraka je odvisno predvsem od posebnih meteoroloških pogojev, ki so za kotline močno različni od onih za velika področja.

Na podlagi obdelav vremenskih razmer in sinoptičnih situacij za razdobje 1969-1972 so ugotovljeni nekateri vzroki za pojavljanje močne onesnaženosti zraka v Ljubljani. Rezultati teh raziskav služijo kot osnova za sestavljanje posebnih vremenskih napovedi.

UVOD

Ljubljana leži na dnu razmeroma obsežne kotline, ki ima le neznamenit odtok zraka ob strugi reke Save. Ta odtok je tako majhen, da nastajajo v hladni polovici leta, predvsem ob deloma jasnem vremenu, bolj ali manj izrazita jezera hladnega zraka in predstavljajo idealne pogoje za visoke koncentracije onesnaženosti zraka.

Industrije, ki bi s svojimi tehnološkimi procesi močno onesnaževala ozračje, Ljubljana nima. Pojavlja pa se zadostna emisija SO₂ zaradi ogrevanja v mestu, da ob neugodnih vremenskih razmerah koncentracije onesnaženosti zraka presežejo dovoljene norme. Nas predvsem zanima prognoza takšnih vremenskih razmer.

S problemom prognoziranja vremenskih pogojev za pojavljanje visokih koncentracij onesnaženosti zraka se srečujejo v mnogih deželah, rešitev pa je za posamezne kraje lahko zelo različna. Za prognoze v kotlinah si ne moremo pomagati z metodami, ki so uporabne za velika področja, kot na primer višina mešanja /1/, potencial onesnaženosti /2/ ali na primer Pasquillovi kriteriji /3/. Mi želimo poiskati vzroke kdaj in zakaj se pojavljajo v kotlinah visoke koncentracije onesnaženosti zraka.

Papež /4/ je leta 1971 raziskoval dve podobni anticiklonalni situaciji, ki sta povzročili popolnoma različno stopnjo onesnaženosti zraka. Vzrok za razliko ob približno enakih sinoptičnih pogojih pripisuje različni debelini ohlajene prizemne zračne plasti.

Uporabne metode za prognoziranje visokih koncentracij onesnaženosti zraka v kotlinah v literaturi nismo našli in smo zato že pričeto delo o raziskavah lokalnih pogojev /5, 6/ samo nadaljevali z nekoliko bolj sinoptično metodo.

ONESNAŽENOST ZRAKA

Zavedamo se, kako težavna je problematika meritev onesnaženosti zraka za nekoliko širše območje, zato smo privzeli za našo oceno zelo poenostavljen način. Mi smo privzeli mejo 0.4 mg SO₂/m³ in smo za vse dni, ko je poprečna onesnaženost vsaj na enem izmed šestih merskih mest to mejo dosegla, predpostavili, da je v Ljubljanski kotlini visoka onesnaženost zraka.

Ob takšni predpostavki se z redkimi izjemami pojavljajo visoke koncentracije v Ljubljani le od meseca oktobra do marca. Pri obdelavi smo upoštevali razdobje od leta 1969 do 1972. Zabeležili smo 208 dni, ko so bile po naši predpostavki v Ljubljani visoke koncentracije onesnaženosti zraka. Od celotnega števila odpadajo tri četrtine ali boljše 158 dni na razdobje od decembra do februarja in le 50 dni na vse preostale mesece.

Vsekakor ta predpostavka o določitvi visoke koncentracije onesnaženosti zraka ni idealna, saj vemo, da so koncentracije močno odvisne od same emisije, ki pa je od dneva do dneva različna. Še posebno se poznajo sobote in nedelje, ko je močno zmanjšana emisija v centru mesta in povečana v stanovanjskih področjih, pravtako pa je vsekakor odvisna tudi od temperature zraka.

VREMENSKE SITUACIJE

Da bi našli razlago, v kakšnih vremenskih situacijah se pojavljajo visoke koncentracije onesnaženosti zraka, smo vsak dan razvrstili sinoptično situacijo v posamezni tip. Določili smo 9 tipov, od tega 4 ciklonalne in 5 anticiklonalnih, s tem da spada k zadnjim tudi šibkogradientno pritiskovo polje /8/.

Klasificirali smo 729 situacij in smo določili za vsako, ali je bilo onesnaženje pod ali nad dovoljeno mejo. Iz tega smo dobili procentualne vrednosti, za vsako izmed situacij, o pojavljanju visoke onesnaženosti zraka.

Tabela 1 Pogostost sinoptičnih situacij s procenti primerov, ko je bila poprečna dnevna onesnaženost zraka nad 0.4 mg/m³

Table 1 Frequency of synoptic situations, with percentage of cases, when mean daily air pollution exceeded 0.4 mg/m³

	oznaka	število primer.	% z visoko onesnaž.
Ciklon nad Slovenijo	0 C	7	43
Ciklon nad Sredozemljem ali nad zahodno Evropo in sega v Sredozemlje	1 C	112	37
Srednjeevropski ciklon, pretežni del Evrope je v ciklonalnem področju	2 C	54	28
Ciklonsko področje vzhodno ali jugovzhodno od Slovenije	3 C	24	29
Skupno ciklonalnih situacij		197	33.5
Greben azorskega anticiklona	0 A	56	41
Greben vzhodnoevropskega anticiklona	1 A	162	38
Anticiklon nad srednjo Evropo ali Alpami	2 A	252	28
Šibkogradientno anticiklonalno polje med dvema ciklonama	3 A	34	53
Most med dvema anticiklonoma	4 A	28	29
Skupno anticiklonalnih situacij		523	34

Želeli smo dobiti odvisnost pojavljanja onesnaženja zraka od različnih vremenskih tipov, vendar v kljub različnim procentom pojavljanja pri posameznih tipih kakršnekoli zakonitosti ne moremo dobiti. Vsekakor so večje razlike pri pojavljanju visokih koncentracij onesnaženosti zraka med posameznimi vremenskimi tipi pri ciklonalnih in še bolj pri anticiklonalnih situacijah, kot med vsemi ciklonalnimi in anticiklonalnimi situacijami.

Če privzamemo, da je v anticiklonalnih situacijah atmosfera v glavnem stabilna in v ciklonalnih znatno labilnejša, potem bi iz tega sledilo, da je v anticiklonalnih situacijah onesnaženost zraka znatno večja.

Ker pa podatki o onesnaženju ne potrjujejo te predpostavke, moramo pregledati vzroke za pojavljanje onesnaženosti zraka, še posebno pri ciklonalnih situacijah.

V najhladnejših mesecih leta, to je od decembra do februarja, je odstotek ciklonalnih situacij, pri katerih je v Ljubljani visoko onesnaženje zraka, razmeroma velik in je v januarju in februarju celo znatno večji kot pri anticiklonalnih situacijah.

Tabela 2 Pogostost ciklonalnih in anticiklonalnih situacij po posameznih mesecih v odvisnosti od onesnaženja zraka

Table 2 Frequency of cyclonal and anticyclonal situations, according to separate months in the dependence of air pollution

mesec	mesec						
	jan.	feb.	mar.	okt.	nov.	dec.	vsota
Število dni s ciklonalno cirkulacijo	34	42	46	11	44	21	198
% dni z visoko koncentracijo onesnaženosti	71	59	6	0	14	43	
Število dni z anticiklonalno cirkulacijo	90	71	78	113	76	103	531
% dni z visoko koncentracijo onesnaženosti	62	41	19	6	22	55	

To si je možno razlagati s tem, da so v najhladnejšem razdobju jezera hladnega zraka v kotlinah toliko hladnejša, da so znatno bolj trdoživa, kot v drugih mesecih. V tem razdobju je tudi insolacija razmeroma majhna in se zato pogosto zgodi, da so spremembe v zračni masi zaznavne le v višjih plasteh, pri tleh pa ostane še naprej mrzla zračna masa. Prav ob takšnih sinoptičnih situacijah, ko je temperaturna inverzija razmeroma nizko in je nad njo advekcija topljšega zraka ob ciklonalni cirkulaciji, so najbolj ugodni pogoji za visoke koncentracije onesnaženosti zraka. Nobena redkost namreč ni, da lahko pozimi sneži ali dežuje, pa so koncentracije onesnaženja zraka v kljub temu zelo visoke.

Zelo majhen procent ciklonalnih situacij z visokimi koncentracijami onesnaženosti zraka v pomladanskih ali jesenskih mesecih si razlagamo s tem, da povzročijo vsaka večja sprememba vremena tudi zamenjavo zračne mase pri tleh in so zato tudi jezera hladnega zraka manj obstojna.

Kot vidimo nam same makrosinoptične situacije le malo pomagajo pri prognozi onesnaženja zraka, čim pa upoštevamo tudi druge elemente, lahko postanejo zelo koristne za prognozo onesnaženja.

VPLIV TEMPERATURE

Iz pogostosti pojavljanja primerov z visoko koncentracijo onesnaženosti zraka v posameznih temperaturnih intervalih zapazimo, da je več od polovice primerov pri pozitivnih temperaturah. Najbolj izstopajo primeri pri negativnih temperaturah v mesecu decembru, v januarju je enako število teh primerov pri pozitivnih kot pri negativnih poprečnih temperaturah zraka, medtem ko februarja že prevladujejo visoke koncentracije pri pozitivnih temperaturah.

Tabela 3 Število dni v Ljubljani s srednjo dnevno temperaturo, ko je bila poprečna dnevna koncentracija SO₂ nad 0.4 mg/m³

Table 3 Number of days, in Ljubljana, with mean daily temperature, when mean daily SO₂ concentration exceeded 0.4 mg/m³

°C	meseci	meseci							vsota	%
		jan.	feb.	mar.	okt.	nov.	dec.			
pod -6		6	4	0	0	0	8	18	7.3	
-5.9 do 4		10	1	0	0	1	7	19	7.7	
-3.9 do 2		14	9	0	0	3	17	43	17.4	
-1.9 do 0		10	9	1	0	1	17	38	15.4	
0.1 do 2		23	12	7	0	5	9	56	22.7	
2.1 do 4		14	14	5	1	2	3	39	15.3	
višje od 4		3	4	5	6	13	3	34	14.2	

V glavnih zimskih mesecih je znatno več teh primerov pri temperaturah v Ljubljani pod -6° C kot nad 4° C, medtem ko v drugih mesecih pod -6° C ni nobenega primera.

Mnogo bolj kot poprečne dnevne temperature, pa čeprav te močno vplivajo na emisijo onesnaženja, vpliva na pojavljanje onesnaženja vertikalna temperaturna razporeditev nad Ljubljano. Koncentracija onesnaženja je odvisna od debeline plasti hladnega zraka v prizemnem sloju in seveda od tega, če se takšna plast združuje ves dan ali ne.

Meritev višine inverzije, razen za krajše obdobje, za Ljubljano nimamo. Zato smo prisiljeni, da razmere poenostavimo.

Kot primerjalne vremenske podatke za Ljubljano vzamemo podatke Šmarne gore, ki leži v Ljubljanski kotlini in ima relativno višino glede na Ljubljano 366 m. Iz primerjave dveh podatkov dobimo, če je kjerkoli pod višino Šmarne gore temperaturna inverzija; ne moremo pa ugotoviti, na kateri višini je inverzija in tudi ne, ali je ena ali več inverznih plasti.

Splošno je poznano, da so temperaturne inverzije, vsaj če upoštevamo poprečne dnevne temperature, najpogostejše v jesenskih in zimskih mesecih. Nastajajo toliko časa v sezoni, dokler se atmosfera v nižjih plasteh zaradi izžarevanja močnejše ohladi, kot se čez dan zaradi sončnega sevanja segreva.

Nastajanje temperaturnih inverzij je odvisno tudi od trenutnega vremena. V poprečju so najpogostejše v oktobru, novembru, decembru in januarju, v februarju jih je ponavadi že manj, medtem ko so marca in aprila celodnevne temperaturne inverzije v prizemni plasti že prave izjeme.

Tabela 4 Število dni po mesecih s temperaturno inverzijo med Ljubljano in Šmarno goro, dobljeno na osnovi poprečnih dnevni vrednosti

Table 4 Number of days, according to months, with temperature inversion between Ljubljana and Šmarna gora

leto \ mesec	mesec					
	jan.	feb.	mar.	okt.	nov.	dec.
1969	12	9	2	26	3	5
1970	8	6	3	11	10	11
1971	13	7	0	19	11	22
1972	5	8	9	5	15	8
skupno	38	30	14	61	39	46

Podatki o onesnaženju zraka za Ljubljano pokažejo, da je oktobra še zelo malo dni z visoko onesnaženostjo, pa čeprav je veliko število dni z izrazito temperaturno inverzijo. Podobno kot v oktobru je še v prvi polovici novembra, nato pa se onesnaženost v primerih temperaturne inverzije močno poveča in je najbolj izrazita v decembru in januarju; v februarju, predvsem v drugi polovici, pa je temperaturnih inverzij že znatno manj.

Zaradi vremenskih razmer in različne emisije, ki je močno odvisna tudi od temperature, lahko delimo hladni del leta v tri razdobja:

- 1 oktober - november
- 2 december - januar - februar
- 3 marec - april

Oktobra in novembra so visoke koncentracije onesnaženosti več ali manj izjemen pojav zaradi razmeroma še majhne emisije, ker so zelo nizke temperature le v izjemnih primerih. Te nizke temperature se najpogosteje pojavljajo ob prodorih hladnega zraka, ki pa so za visoke koncentracije onesnaženja zraka najmanj ugodni, ker je v takšnih primerih nekoliko vetrovno. Če pa je mirno in jasno vreme, nastajajo jezera hladnega zraka, vendar se inverzne plasti v dopoldanskem času zaradi toplih tal pogosto še razkrojijo.

V mesecih marec in april je onesnaženje razmeroma majhno, vendar iz drugih vzrokov. V teh mesecih je atmosfera znatno labilnejša zaradi vedno močnejše insolacije, pa tudi emisija SO₂ se znatno zmanjšuje.

Ostanejo torej trije, za onesnaženje ozračja najbolj pomembni meseci, za katere predpostavimo, da so atmosferske razmere v poprečju zelo podobne. Za te tri mesece velja pravilo z redkimi izjemami, da so koncentracije v Ljubljani nad dopustno mejo, kolikor je temperaturna inverzija pod višino Šmarne gore. V letih 1969, 1970 in 1971 je bilo samo 6 med seboj ločenih dni, ko temu pravilu ni bilo zadoščeno. V letu 1972 je bilo kar 12 takšnih dni, s to razliko, da je bilo v prvih sedmih dneh decembra toplo jesensko vreme in so bili zato dnevi z inverzijo in visokimi koncentracijami združeni.

Pojavljajo pa se tudi obratni primeri, ko so vertikalne temperaturne razlike velike, saj je na Šmarni gori več kot 2.5° C hladneje kot je v Ljubljani, torej je vertikalni temperaturni gradient pod -0.7° C/100 m.

Tudi ti primeri s tolikšnim temperaturnim gradientom in visoko koncentracijo trajajo ponavadi le en dan, pogosto pa so takrat padavine, bodisi dež ali tudi sneg. Vsekakor imamo v takšnih primerih nad naše kraje advekcijo toplejšega zraka, ki pogosto povzroča padavine.

OBLAČNOST IN MEGLA

Za dni, ko je bila v Ljubljani zabeležena dnevna koncentracija nad 0.4 mg SO₂/m³ smo želeli dobiti oblačnost na različnih višinah. Upoštevali smo poprečno dnevno oblačnost na osnovi klimatoloških terminov poleg Ljubljane in Šmarne gore še za postaji Ravnik na Nanosu in Kredarici.

Tabela 5 Procentualna porazdelitev poprečne dnevne oblačnosti po intervalih za posamezne postaje za dni, ko je bila v Ljubljani visoka koncentracija SO₂

Table 5 Distribution, in percentage, of mean daily cloudiness, according to intervals for separate stations for days with high concentration in Ljubljana

Postaja	Količina oblačnosti			
	manj od 3	3.1 do 6	6.1 do 9	nad 9
Ljubljana (299 m)	6.0	17.3	22.6	54.1
Šmarna gora (665 m)	30.5	13.0	15.5	41.0
Ravnik na Nanosu (915 m)	33.5	14.3	13.0	39.1
Kredarica (2514 m)	32.0	26.7	17.4	23.9

Ljubljana izstopa od drugih krajev z večjimi nadmorskimi višinami po tem, da ima največ oblačnih in najmanj jasnih dni, medtem ko so vsaj pri jasnih dneh druge tri postaje močno izenačene. Število oblačnih dni z višino postopno upada. To si razlagamo s tem, da ima Ljubljana veliko število dni z meglo ali nizko oblačnostjo, ki pogosto niti ne sega do višine Šmarne gore.

Na osnovi tabele 5, je mogoče oceniti, da je v Ljubljani pri visokih koncentracijah onesnaženosti zraka približno 15% dni, ko je celodnevna megla ali nizek stratus. Torej vidimo, da je le malo dni z visokimi koncentracijami onesnaženosti zraka ob jasnem anticiklonalnem vremenu z meglo po kotlinah.

Megla označuje v kotlinah in nižinah v prizemnih plasteh stabilno zračno maso, medtem ko pomeni megla v višjih legah le to, da je postaja v oblaku. Šmarna gora je nekako med obema možnostima. Kadar je debelina megle v Ljubljanski kotlini tolikšna, da zajame tudi Šmarno goro, nam predstavlja meglo, v nasprotnem primeru oblak, ali visoko meglo ali stratus, če pa so padavine, lahko tudi nimbostratus.

Čeprav kaže megla stabilno zračno maso v prizemnih plasteh ozračja, še ni zadosten pogoj, da se bodo pojavile visoke koncentracije onesnaženosti.

Že sama tabela nekajletne vrednosti pojavljanja megle pokaže (tabela 6), da je v glavnih zimskih mesecih znatno večje število dni z meglo, ko je visoka koncentracija, v drugih mesecih pa je razmerje veliko večje v korist dni z manjšo poprečno dnevno koncentracijo onesnaženosti.

Kadar je Šmarna gora v megli ali je njen vrh v oblaku, je v Ljubljani vedno več dni z nizko koncentracijo, kot z visoko koncentracijo onesnaženosti zraka. Izjema je v mesecu januarju. V jesenskih in pomladanskih mesecih je Šmarna gora v megli le ob nizki koncentraciji onesnaženja zraka v Ljubljani.

Tabela 6 Število dni z meglo za razdobje 1969-1972, v oklepaju je število dni, ko je bila koncentracija onesnaženosti v Ljubljani nad 0.4 mg SO₂/m³

Table 6 Number of days with fog for the period 1969-1972, figures between the brackets denote the number of days when air pollution concentration exceeded 0.4 mg SO₂/m³

Postaja	Mesec					
	jan.	feb.	mar.	okt.	nov.	dec.
Ljubljana	56(12)	36(17)	8(31)	5(63)	14(41)	48(20)
Šmarna gora	6(5)	4(10)	0(14)	0(6)	0(5)	2(11)

Iz navedenega lahko sklepamo, da megla na Šmarni gori ni kazalec povečane koncentracije onesnaženosti v kotlini, pa tudi megla v Ljubljani nima neposredne povezave z onesnaženjem, razen te, da v mesecih december, januar in februar močno prevladujejo dnevi z višjo onesnaženostjo. Nikakor pa ne moremo zagotovo trditi, da bodo visoke koncentracije onesnaženosti zraka, če se bo pojavila v teh mesecih megle.

ODVISNOST ONESNAŽENOSTI ZRAKA OD VETRA

Za Ljubljano je značilno, da ima v hladni polovici leta zaradi pogostih jezer hladnega zraka zelo malo vetra in da je prav to eden izmed vzrokov za visoke koncentracije onesnaženosti zraka.

Tabela 7 Procentualna porazdelitev poprečne hitrosti vetra po intervalih za dni, ko je bila v Ljubljani visoka koncentracija onesnaženosti zraka

Table 7 Distribution, in percentage, of mean wind speed, according to intervals, for days with high air pollution concentration in Ljubljana

Ljubljana		Kredarica	
Hitrost vetra		Hitrost vetra	
manjša od 0.5 m/s	48%	manjša od 0.5 m/s	16%
od 0.6 do 1 m/s	33%	od 0.6 do 5 m/s	24%
nad 1 m/s	19%	od 5.1 do 10 m/s	35%
		nad 10 m/s	25%

Iz tabele vidimo, da je v Ljubljani kar 48% vseh primerov, ko je poprečna hitrost vetra do 0.5 m/s in lahko govorimo o brezveterju. Nad 1 m/s je samo 19%

od vseh primerov in upravičeno lahko trdimo, da je ob visokih koncentracijah v Ljubljani skoraj brezveterje. Pri redkih izjemah doseže tudi pri visoki koncentraciji onesnaženosti zraka v Ljubljani poprečna hitrost vetra do 6 m/s.

Vidimo pa, da je v prosti atmosferi znatno bolj vetrovno, na kar lahko sklepamo iz podatkov Kredarice (tabela 7). Za mirno atmosfero vzamemo 16% vseh primerov, takrat je namreč na Kredarici poprečna dnevna hitrost pod 0.5 m/s, to pa je toliko, kolikor ima Ljubljana več dni s celodnevno meglo ali stratusom od višjeležečih postaj.

Več kot polovica primerov je, ko ima na Kredarici poprečni dnevni veter hitrost nad 5 m/s. Četrtnina od vseh primerov je, ko je hitrost vetra celo nad 10 m/s, kar je kar razgibana atmosfera.

Ti podatki potrjujejo domnevo, da je pri visokih koncentracijah onesnaženosti zraka razmeroma majhen procent anticiklonalnega vremena z izrazitimi subsidenčnimi inverzijami.

ZAKLJUČKI

Obravnavano gradivo zajema nekajletna razdobja v hladni polovici leta. Predpostavili smo razmeroma konstantno emisijo onesnaženosti zraka, čeprav je ta odvisna od dneva v tednu in od toplih oziroma mrzlih razdobj. To so zelo grobe predpostavke, a smo kljub temu dobili določene zaključke.

Ugotovili smo, da na pojavljanje koncentracij onesnaženosti zraka ne vplivajo v znatni meri makrometeorološke situacije, niti ne toliko, ali je prosta atmosfera stabilno ali labilno uslojena, temveč vplivajo vremenske razmere do višine nekaj sto metrov.

Prvenstveno je odvisno pojavljanje visokih koncentracij v kotlinah od jezer hladnega zraka in njihove debeline, torej od stopnje ohlajevanja prizemnih plasti. Posebno ugodne razmere za visoke koncentracije so v mladih anticiklonih ali v barično šibkogradientnem polju, ko jezero hladnega zraka šele nastaja.

V zimskem času, ko so jezera hladnega zraka zelo trdoživa, pogosto ciklonalna cirkulacija niti s svojimi frontalnimi sistemi ne zamenja zračne mase v kotlinah, temveč le zniža debelino hladnega zraka in s tem ustvarja ugodne razmere za pojavljanje visokih koncentracij onesnaženosti.

Za Ljubljano, ki leži v kotlini, je ugotovljeno, da se visoke koncentracije pojavljajo pri zelo šibkih vetrovih, z najpogostejšo temperaturo okoli 0° C. Visoke koncentracije onesnaženosti pogosto spremlja megla, vendar to ni potreben pogoj. V glavnem zimskem razdobju (januarja in februarja) je pogostost pojavljanja visokih koncentracij večja pri ciklonalnih, kot pri anticiklonalnih situacijah, medtem ko je v drugih mesecih obratno.

LITERATURA

- /1/ Mc CORNICK, R.A.: Meteorological Aspects of air pollution in Urban and Industrial districts. World Meteo. org. Tehnical note No 106, Geneva 1970.
- /2/ NIMEYER, L.E.: Farcosting air pollution potential. Mon. Wea. Riv. 88, 1960.
- /3/ PASQUILL, F.: The Estimation of the Dispersion of Windborne Material. The Meteorological Magazine No 1063, Vol. 90, 1961.
- /4/ PAPEŽ, A.: Vzťahy mezi synoptickimi situacemi o znečištenim vzduchu v Kapistech u Mostu. Meteorologicke Zpravy, Ročník XXIV - 1971.
- /5/ HOČEVAR, A., PETKOVŠEK, Z.: Doprinos k poznavanju razmer v jezeru hladnega zraka v Ljubljanski kotlini. Razprave - Papers XIII, Društvo meteorologov Slovenije, 1971.
- /6/ PARADIŽ, B.: Nekaj karakteristik onesnaženja zraka v Ljubljani. Razprave - Papers XII, Društvo meteorologov Slovenije, 1970.
- /7/ PETKOVŠEK, Z.: Meteorological and Relief Parameters Regarding Air Pollution in Basins. Proc. of third int. clear air Cong. Düsseldorf B 20-23, 1973.
- /8/ VIDA, M.: Poskus ocene vremenskih procesov v Sloveniji z ozirom na vremenske situacije. Razprave - Papers XVII, Društvo meteorologov Slovenije, 1974.