

## TRANSPORT ONESNAŽENJA ZRAKA V OKOLICO TE TRBOVLJE

### TRANSPORT OF AIR POLLUTION FROM THE TRBOVLJE COAL – FIRED POWER PLANT

Tone PLANINŠEK  
Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

UDK 551.510.42  
UDK 614.71/.72

#### SUMMARY

We have studied transport of SO<sub>2</sub> from the Trbovlje coal-fired power plant to the east by means of average 24-hour SO<sub>2</sub> concentrations, measured on seven points on the east side of Trbovlje. We determined stability in a simple way by means of temperature data from the meteorological stations at Kum (1219 m) and Klenik (560). Wind data were taken at the 900 mb level from the Zagreb observatory which is about 80 km from Trbovlje. The weather situation was determined from the 850 mb level. The results of our study show that high SO<sub>2</sub> concentrations at upper sites appear under warm air advection conditions in the lower part of the atmosphere and for weak winds. In stronger winds and less stable conditions the highest concentrations appear in places which are at the same height as the top of the 360 m high stack.

#### POVZETEK

Z obdelavo poprečnih 24-urnih koncentracij SO<sub>2</sub>, merjenih na sedmih merilnih mestih vzhodno od TE Trbovlje, smo preučevali transport SO<sub>2</sub> iz TE Trbovlje proti vzhodu. Iz podatkov z meteoroloških postaj Kum in Klenik pri Vačah smo na preprost način določali stabilnost atmosfere, za veter smo upoštevali podatke iz zagrebških radiosondažnih podatkov, po 850 mb višinskih kartah pa smo določili vremensko situacijo. Rezultati kažejo, da se pojavljajo velike koncentracije SO<sub>2</sub> v višjih predelih pri topli advekciji v spodnjih plasteh atmosfere in pri šibkih vetrovih, pri močnejših vetrovih pa so koncentracije SO<sub>2</sub> najvišje v višini ustja dimnika.

#### UVOD

Termoelektrarno Trbovlje sestavljata dve enoti z emisijama 7000 ton SO<sub>2</sub> in 23200 SO<sub>2</sub> ton na leto. Skupna letna emisija SO<sub>2</sub> v Trbovljah znaša brez Termoelektrarne 988 ton, v Hrastniku pa 1960 ton (Paradiž in sodelavci, 1981). Po dograditvi druge enote, ki je imela sprva le 80 m visok dimnik, so se pojavile hude poškodbe na vegetaciji in tudi njeno propadanje v dolini Save in na bližnjih pobočjih zaradi zelo velikih koncentracij SO<sub>2</sub> – polurne vrednosti so presegle 10 mg/m<sup>3</sup> (Maček in sodelavci, 1972). Propadanje gozdov je sprožilo erozijske procese, ki so začeli ogrozati železniško progno v dolini Save.

Sanacije kritičnih razmer so se lotili z gradnjo 360 m visokega dimnika za drugi blok termoelektrarne. Koncentracije SO<sub>2</sub> v dolini in na bližnjih pobočjih so se močno zmanjšale (Paradiž in sodelavci, 1981). Ko so začeli razmišljati o gradnji tretje enote Termoelektrarne-Toplarne, je nastalo vprašanje, koliko bo celotna emisija vplivala na širšo okolico Termoelektrarne. Za prvo oceno vpliva sedanje Termoelektrarne na širšo okolico smo postavili mrežo sedmih merilnih mest za poprečne 24-urne koncentracije SO<sub>2</sub>. Izmerjene vrednosti so bile velike, večje kot jih dobimo z računanjem po enačbah za dimni dvig in disperzijo. Podatke smo podrobneje obdelali in pokazali predele, kjer lahko tudi v prihodnje pričakujemo občasne prekoračitve maksimalnih dopustnih koncentracij SO<sub>2</sub>.

## PODATKI

V obdobju julij 1980 – marec 1981 je delovala mreža sedmih merilnih mest za poprečne 24-urne koncentracije SO<sub>2</sub> in dima. Razporeditev merilnih mest je prikazana na sliki 1. Za veter smo vzeli zagrebške radiosondažne podatke z 900 mb ploskve, kot merilo stabilnosti atmosfere pa smo računali razliko temperatur med meteorološkima postajama na Kumu in Kleniku pri Vačah (Pučnik, 1972, Planinšek, 1974). Na razpolago smo imeli tudi podatke o dnevni porabi premoga v Termoelektrarni Trbovlje. V poletnih mesecih so se velike koncentracije SO<sub>2</sub> pojavljale bolj poredko, zato smo obdelali le zimsko obdobje, in sicer le tiste dneve, ko je koncentracija SO<sub>2</sub> vsaj na enem merilnem mestu, razen v Laškem in v Rimskih Toplicah, presegla vrednost 0.20 mg/m<sup>3</sup>. Kadar termoelektrarna ni obratovala, ta vrednost ni bila nikoli dosežena na nobenem merilnem mestu.

## OBDELAVE

Za čas od novembra 1980 do februarja 1981 smo obdelali 42 primerov z velikimi koncentracijami SO<sub>2</sub> v okolici TE Trbovlje. Glede na višino poprečne 24-urne koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnem mestu Gore (755 m) ter na sedlu med Hrastnikom in Rimskimi Toplicami – merilni mesti Marno (445 m) in Sedraž (420 m) – smo razdelili situacije v tri tipe:

Tip I: Poprečna 24-urna koncentracija SO<sub>2</sub> na merilnem mestu Gore je bila za več kot 0.10 mg/m<sup>3</sup> večja od koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnih mestih na Sedlu med Hrastnikom in Rimskimi Toplicami.

Tip II: Koncentracije SO<sub>2</sub> so bile približno enake.

Tip III: Koncentracije SO<sub>2</sub> na Sedlu so bile za več kot 0.10 mg/m<sup>3</sup> večje kot na merilnem mestu na Gorah.

Nato smo ugotavljali, kakšne so koncentracije SO<sub>2</sub> pri različnih tipih in kakšna sta takrat stabilnost in veter. Kot merilo za stabilnost atmosfere smo upoštevali razlike temperatur med meteorološkima postajama Kum z nadmorsko višino 1219 m in Klenik pri Vačah z nadmorsko višino 560 m. Nadmorska višina ustja dimnika je 570 m, in če upoštevamo

še dvig dimnih plinov po izstopu iz dimnika, vidimo, da se dimni plini širijo v plasti, ki je na višini med obema meteorološkima postajama. Upoštevali smo termine ob 14. in 21. uri prejšnjega dne in ob 7. uri dneva meritve. Termine smo tako vzeli zato, ker traja 24-urna meritev od 7. ure prejšnjega do 7. ure dneva meritve. Iz treh dnevni podatkov o razliki temperatur med Kumom in Klenikom smo definirali 4 razrede stabilnosti:

1. razred – inverzija v 3 terminih
2. razred – inverzija v 2 terminih
3. razred – inverzija v 1 terminu
4. razred – ni inverzije

Podatke o vetru smo vzeli iz radiosondažnih podatkov z meteorološke postaje Zagreb od 13. ure prejšnjega dne in 1. ure dneva meritve. Pri naših obdelavah je nekaj primerov, ko so podatki o vetru izpadli. Najprej smo za vsak tip situacije izračunali poprečni stabilnostni razred in poprečno hitrostjo vetra.

TIP	R	H	K	N
I	2.21	6.7	0.30	14
II	3.25	7.8	0.23	12
III	3.06	7.3	0.21	16

R – poprečni razred stabilnosti

H – poprečna hitrost vetra v m/s

K – poprečna koncentracija SO<sub>2</sub> v mg/m<sup>3</sup> za vseh 7 postaj

N – število primerov

Iz gornje tabele vidimo, da je poprečni stabilnostni razred pri tipu I najnižji, kar pomeni, da se onesnaženje širi v višje plasti zraka ob stabilnejšem vremenu in ob šibkejšem vetru, skupna poprečna koncentracija SO<sub>2</sub> pa je največja. Pri labilnejši atmosferi in močnejšem vetru pa se onesnaženje širi enakomerneje po vseh višinah. Samo na sedlu med Hrastnikom in Rimskimi Toplicami vpliva TE Trbovlje ob situacijah, ki so med obema opisanimi. Pri razlagi teh ugotovitev ne smemo pozabiti, da delamo s 24-urnimi poprečnimi koncentracijami SO<sub>2</sub>, podatki o stabilnosti so kombinacija opazovanj v treh terminih na merilnih mestih pri tleh in ne v prosti atmosferi, podatki o vetru pa so vzeti dvakrat na dan s točke, ki je 80 km od Trbovelj.

Velike 24-urne koncentracije SO<sub>2</sub> se v višjih predelih okoli Trbovelj največkrat pojavljajo ob advékiji toplega zraka, to je ob prisotnosti izrazitih procesov v atmosferi, kar pomeni, da se lahko smer vetra v času meritve SO<sub>2</sub> (24) ur bistveno spremeni. Tako se lahko v obdobju 24 ur pojavijo razmere, ki so značilne za različne tipe razporeditve koncentracij SO<sub>2</sub>. Nekaj informacij o razporeditvi koncentracij SO<sub>2</sub> nam dajo poprečne koncentracije SO<sub>2</sub> za vsako merilno mesto po različnih tipih situacij v tabeli 1.

Tabela 1 Poprečna 24-urna koncentracija SO<sub>2</sub> v mg/m<sup>3</sup> po tipih situacij glede na razporeditev koncentracij SO<sub>2</sub>

Table 1 Average 24-hour SO<sub>2</sub> concentrations in mg/m<sup>3</sup> according to the type of situation with respect to concentration distributions

T I P	M E R I L N O M E S T O						
	G O R E	P O D K R A J	M A R N O	S E D R A Ž	T U R J E	R. T O P L I C E	L A Š K O
I	0.74	0.22	0.22	0.27	0.22	0.22	0.19
N	14	14	14	14	14	12	14
II	0.31	0.15	0.30	0.20	0.23	0.20	0.19
N	12	12	12	12	12	10	12
III	0.15	0.16	0.29	0.27	0.25	0.19	0.17
N	16	15	16	16	16	13	15

N – število primerov

Dodajmo še število primerov smeri vetra na 900 mb ploskvi po posameznih tipih situacij.

Tabela 2 Število primerov smeri vetra na 900 mb ploskvi po tipih situacij glede na razporeditev koncentracij SO<sub>2</sub>

Table 2 Number of cases of wind direction on the 900 mb level for types of situation with respect to the distribution of SO<sub>2</sub> concentration

T I P	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SKUPAJ
I	2	5	1	0	2	3	10	2	25
II	3	4	1	1	3	3	5	2	22
III	7	6	4	0	0	5	4	4	30

Pri tipu I prevladuje smer W, pri tipu III je največ smeri N in NW, pri tipu II pa so zastopane vse smeri. Podatkov je bilo premalo, da bi bili reprezentativni, izmerjeni so bili predaleč od Trbovelj, pa še relief na obravnavanem področju veter odkloni. Poskusili smo tudi z obdelavo podatkov z meteorološke postaje na Kumu, vendar se tudi iz teh podatkov ne da dobiti zveze med smerjo vetra in situacijami glede na razporeditev koncentracije SO<sub>2</sub> po prostoru.

Iz obdelav lahko povzamemo naslednje:

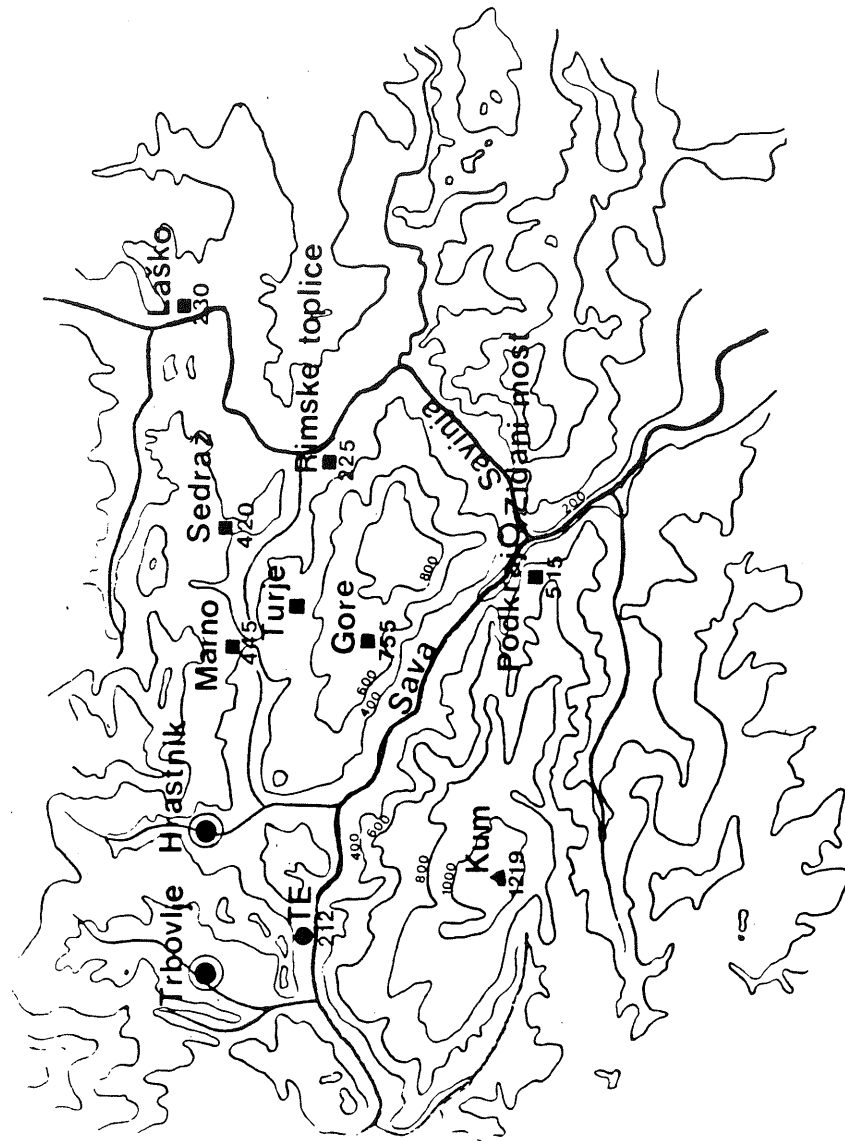
- Velike koncentracije SO<sub>2</sub> se ne pojavljajo samo na enem merilnem mestu, ampak jih ima več merilnih mest hkrati. To vidimo iz poprečkov pri različnih tipih glede na razporeditev koncentracij SO<sub>2</sub>. Izjema je merilno mesto Gore, ki leži precej višje od drugih merilnih mest.
- Tudi v primerih, ko Termoelektrarna Trbovlje ni obratovala, so bile zabeležene na merilnih mestih Marno, Turje in Sedraž razmeroma velike koncentracije SO<sub>2</sub> (do 0.17 mg/m<sup>3</sup>). Termoelektrarna torej ni edini vir SO<sub>2</sub> na tem območju. V takšnih primerih SO<sub>2</sub> ne pride tako visoko, saj je koncentracija SO<sub>2</sub> na merilnem mestu Gore takrat zanemarljivo nizka.
- Velike koncentracije SO<sub>2</sub> v višini nad 600 m nadmorske višine se največkrat pojavljajo v zvezi s temperaturnimi inverzijami na teh višinah.
- Koncentracije v Rimskih Toplicah so večje kot v Laškem. Glede na podobno lego obeh krajev v dolini Savinje in precej večjo emisijo SO<sub>2</sub> v Laškem kot v Rimskih Toplicah bi pričakovali večjo koncentracijo SO<sub>2</sub> v Laškem kot v Rimskih Toplicah. Zato lahko večje koncentracije SO<sub>2</sub> v Rimskih Toplicah ne glede na manjšo oddaljenost pripišemo prenosu iz Zasavja.

## ZAKLJUČEK

S podatki z nekaj merilnih mest za 24-urne koncentracije SO<sub>2</sub> in s podatki o temperaturi z navadnih meteoroloških postaj lahko dobimo približno sliko stanja onesnaženosti zraka in o njegovih vzrokih nad določenim področjem. Lahko tudi ugotovimo, da se pojavljajo koncentracije, ki močno presegajo največje dovoljene 24-urne koncentracije SO<sub>2</sub> na višinah nad 700 m nadmorske višine in so posledica emisije iz Termoelektrarne. Preostala emisija iz Hrastnika ima vpliv le do nadmorske višine okoli 600 m. Emisijo iz Termoelektrarne opazimo z majhnim deležem tudi pri koncentracijah SO<sub>2</sub> v Rimskih Toplicah. Zaradi zelo razgibanega reliefa na tem območju so možne razne trajektorije SO<sub>2</sub> od dimnika do oddaljenih krajev in tudi pojav večjih vrtincev in zastojnih con vetra, kjer se lahko pojavijo večje koncentracije onesnaženja. Te trajektorije in ogrožena področja pa je mogoče določiti le z boljšimi meritvami meteoroloških parametrov, predvsem vetra in koncentracij onesnaženja.

## LITERATURA

- Paradiž B., in sodelavci, 1981, Spremembe kakovosti zraka v Zasavju s sanacijo TE Trbovlje II in izgradnjo Termoelektrarne-Toplarnne Trbovlje – Elaborat HMZ
- Maček J., Paradiž B., Šolar M., Zupančič T., 1972: Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah. Elaborat HMZ
- Arhiv HMZ
- Pučnik J., 1972: Temperaturne inverzije v Ljubljanski kotlini. Razprave – Papers XIV,
- Planinšek T., 1974: Zimskajezera hladnega zraka v Celjski kotlini. Diplomsko delo



Slika 1 Razporeditev merilnih mest za 24-urno koncentracijo SO<sub>2</sub> (kvadratki) v okolici TE Trbovlje  
 Fig. 1 Arrangement of SO<sub>2</sub> measuring points (squares) around the Trbovlje coal-fired power plant