

# IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

85. ÉVF. ★ 2. SZÁM ★ 1981. MÁRCIUS—ÁPRILIS

## TARTALOM

Rovinsky, F. Y.—Afanasjev, M. I.—Burtseva, L. V.—Jegorov, V. I.—Cherkhanov, Y. P.—Jushkan, Y. I.—Pastukhov, B. V.—Alexejeva, T. A.—Gajzágó L.—Mészáros A.: A magyarországi háttérzennyezettség komplex vizsgálata. Szovjet—magyar közös mérési program (angolul) .....	57
Mészáros Ernő—Putsay Mária: A légköri homályosság mérésére szolgáló napfotométerek összehasonlítása (angolul) .....	68
Šamaj, F.: A levegő gépjárművek okozta szennyezettségének numerikus modellezése (angolul) .....	74
Mersich Iván: A domborzat hatása a lokális áramlási mezőre. III. rész: Az y irányban homogén (kétdimenziós) modell .....	80
Cseh Sándor: A potenciálisan kihullható vízmennyiség Budapest fölött .....	95
Dávid Aranka: Összefüggés az időjárás, a műtrágyázás és a kukorica fejlődésének jellemzői között .....	103
Irodalom .....	112
Krónika .....	113

## CONTENTS

Rovinsky, F. Y.—Afanasjev, M. I.—Burtseva, L. V.—Jegorov, V. I.—Cherkhanov, Y. P.—Jushkan, Y. I.—Pastukhov, B. V.—Alexejeva, T. A.—Gajzágó, L.—Mészáros, A.: Integrated background pollution monitoring in Hungary. Results of an international expedition (in English) .....	57
Mészáros, E.—Putsay, M.: A comparison of sunphotometers measuring the turbidity of the atmosphere (in English) .....	68
Šamaj, F.: Numerical modelling of air pollution by exhaust gases from motor vehicles in built-up areas (in English) .....	74
Mersich, I.: The effect of the orography on the local wind-field. III. Horizontally homogeneous two-dimensional model. ....	80
Cseh, S.: A study of the potential precipitable water over Budapest. ....	95
Dávid, A.: Connection between weather, fertilization and characteristics of the development of maize .....	103
Literature .....	112
Chronicle .....	113

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 85. ★ NO. 2. ★ MARCH—APRIL 1981 ★ BUDAPEST

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata  
Journal of the Hungarian Meteorological Service

## SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	RADINOVIĆ, D. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BENGTSSON, L. (Reading)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BÖHME, W. (Potsdam)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	STELCZER, K. (Budapest)
FEDERER, B. (Zürich)	SZEPESI D. (Budapest)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	TAKEUCHI, K. (Tokio)
GÖTZ G. (Budapest)	TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
GULYÁS O. (Budapest)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)	WIRTH E. (Pécs)
PÉCZELY GY. (Szeged)	

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS E. (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

Előfizetés: 1 évre 228 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi osztályán  
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként.

Egyes szám ára 38 Ft

---

Editorial Office: H-1525 Budapest P. O. B. 38 — Hungary. This journal, published bimonthly,  
can be purchased from the distributor: KULTURA, H-1389 Budapest P.O.B. 149 — Hungary

The actual subscription rate is determined by the distributor

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 85. évf. 2. szám. 1981. március—április  
*Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 2. Mar—Apr 1981. Budapest*

## Integrated background pollution monitoring in Hungary Results of an international expedition

F. Y. ROVINSKY, M. I. AFANASJEV, L. V. BURTSEVA, V. I. JEGOROV, Y. P. CHERKHANOV, Y. I. JUSHKAN, B. V. PASTUKHOV, T. A. ALEXEJEVA, U.S.S.R. State Committee for Hydrometeorology and Control of Natural Environment and U.S.S.R. Academy of Sciences Natural Environment and Climate Monitoring Laboratory 107258 Moscow, Glebovskaia 20 b, U.S.S.R. L. GAJZÁGÓ, National Authority for Environment Protection and Nature Conservation, 1531 Budapest, P.O.B. 33, Hungary, A. MÉSZÁROS, Institute for Atmospheric Physics, 1675 Budapest, P.O.B. 39, Hungary

*A magyarországi háttérszennyezettség komplex vizsgálata. Szovjet—magyar közös mérési program.* Szovjet és magyar levegőkémikusok Kecskemét-Komlói telepen és a szarvasi agrometeorológiai obszervatóriumban végzett egyidejű mérések során összehasonlították az aeroszol tömeg, szulfát-, kén-dioxid és nitrogén-dioxid koncentráció meghatározására szolgáló módszereiket. Emellett mérték az ózon, egyes organikus anyagok, nehéz fémek és vízben oldódó anyagok koncentrációját. A kapott eredményeket és ezek értékelését tartalmazza a tanulmány.

\*

*Integrated background pollution monitoring in Hungary—Results of an international expedition.* On the basis of simultaneous measurements carried out in Hungary the Soviet and Hungarian methods for monitoring the total suspended particulate, sulfate, sulfur dioxide and nitrogen dioxide in the air are compared. Results on the regional background concentration of ozone, metals, organic matters and water soluble components on the lower atmosphere are also presented and discussed.

\*

*Introduction.* The aim of the integrated global environmental monitoring system (Israel et al., 1977; Israel, 1979) is to detect and assess changes in different media of our environment caused by human activity. The network of stations situated in regions remote from urban pollution sources is established to obtain systematic information about background pollution level. Like other countries and international organizations, the Comecon member-states initiated the creation of integrated background monitoring stations in their territories. This initiative is coordinated with the efforts made in the framework of the Global Environmental Monitoring System (GEMS) of UNEP.

At the initial stage in selected regions appropriate observations have to be carried out in order to assess the pollution level of different media of the environment. The aim of such a work, among other things, is to determine siting criteria for a certain kind of stations as well as to check the suitability of a given place for establishing a monitoring station. The most effective form of the implementation of this initial stage is the organization of international measuring expeditions. In this way the comparison of the results obtained by specialists from different countries, using different devices and procedures, also becomes possible.

The first international expedition of Comecon countries took place in Hungary during August–October, 1979 with the participation of Hungarian and Soviet specialists. The observational program was conducted in two regions, supposed to be sites for regional background monitoring stations. The first site was situated near Szarvas (160 km SE from Budapest), the second near Kecskemét (80 km SE from Budapest).

TABLE I.

*Linear correlation coefficients (r) and other statistical parameters of simultaneous Soviet and Hungarian daily data for different components measured in Szarvas during the sampling period.  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\sigma_x$  and  $\sigma_y$  give the mean concentration and standard deviation (both expressed in  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), respectively, while N is the number of cases.*

	TSP	SO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub>
<i>r</i>	0.58	0.29	0.89	0.41
$\bar{x}$	122	5.9	17.3	6.6
$\bar{y}$	114	11.6	15.6	4.5
$\sigma_x$	41	4.2	6.0	3.3
$\sigma_y$	39	6.9	5.5	3.6
<i>a</i>	0.56	0.48	0.82	0.45
<i>b</i>	46	8.8	1.5	1.5
<i>N</i>	22	34	21	22

$$y = ax + b; \quad x: \text{Hungarian data}; \quad y: \text{Soviet data}$$

During 36 days observations were made to determine the concentration of the most important pollutants in the surface level air, in atmospheric precipitation (wet deposition) as well as in soil and vegetation. However, in this paper only the results relative to the atmosphere are reported. Other data will be published elsewhere.

During this observational period specialists of both countries worked at each site. According to the Soviet Integrated Background Monitoring Program (Israel et al., 1978), the spatial and temporal variations of the concentration of the following substances were determined by the Soviet participants: aerosol particles, sulfur dioxide, sulfate, nitrogen di oxide, ozone, mercury, lead, cadmium, arsenic, hydrocarbons, benzo ( $\alpha$ ) pyrene and some organochlorine pesticides (OChP). Hungarian specialists measured the daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, total suspended particulate, sulfate, nitrate, ammonium, calcium, sodium, magnesium, potassium and zinc in the air.

In the program usual meteorological observations were also carried out and the weather situation was carefully studied. Briefly, during the observational period meteorological conditions were mainly of anticyclonic type characterized by poor convection and turbulence. In the large scale descending air masses night inversions were frequently observed. Owing to this weather situation the precipitation amount was very low (for this reason no precipitation chemistry data are reported). According to trajectory analyses between 7 and 20 September the air masses were transported from W and NW to the observation sites. Generally speaking warm and dry weather prevailed during the sampling period, which favoured the accumulation of pollutants in the lower atmosphere.

The aim of this paper is twofold. The first goal is to compare Soviet and Hungarian data in the case of such components (total suspended particulate, sulfur dioxide, sulfate, nitrogen dioxide) which were measured by both groups. Secondly, it is intended to publish the concentration of those trace substances (e. g.  $O_3$ , metals and organics identified mostly by the Soviet group) which were first measured in Hungary under regional background conditions.

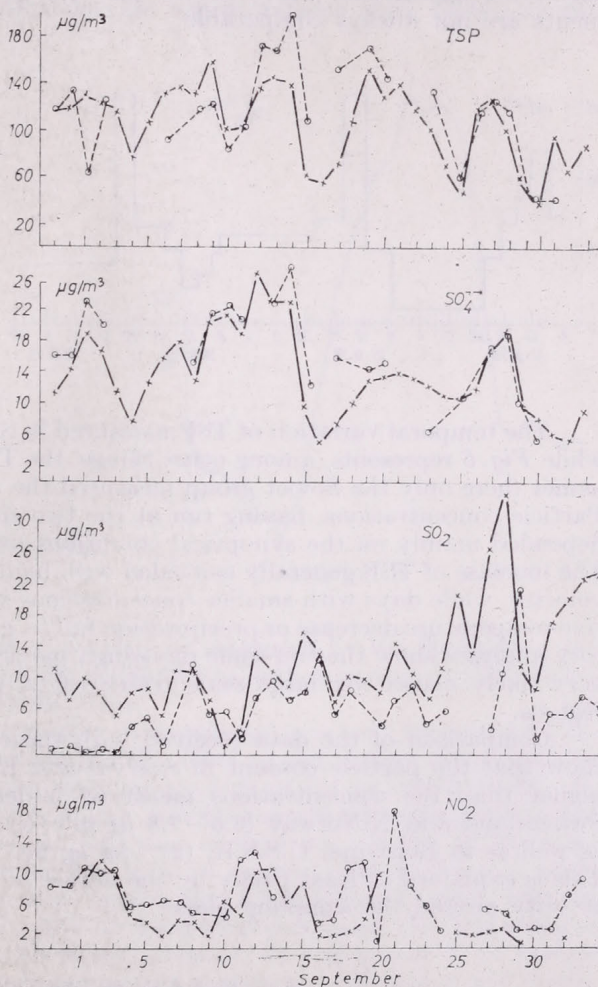


Fig. 1: Temporal variation of different air pollutants as measured in Szarvas by Soviet (solid line) and Hungarian (dotted line) specialists. For the statistical parameters of data see Table I.

### 1. Total suspended particulate (TSP)

The Soviet group took aerosol samples by means of cellulose acetate fiber filters, while the Hungarian specialists used glass fiber filters to capture the aerosol particles. The Soviet sampler consisted of a vacuum cleaner and a rotameter. The Hungarian sampling was carried out by a Sierra (U. S. A.)

high volume device (model 305). Both groups sucked an air volume of 1000 – 1500 m<sup>3</sup> through the filters during one day. The dried filters were weighed before and after the sampling.

It follows from the first column of *Table I* that the TSP values measured by the two groups are in an acceptable correlation. For 22 data pairs the correlation coefficient of 0.58 gives a real correlation even at a probability level of 0.01. The mean values are also similar. However, the scatter of data are rather significant, which means that the results of individual measurements are not always comparable.

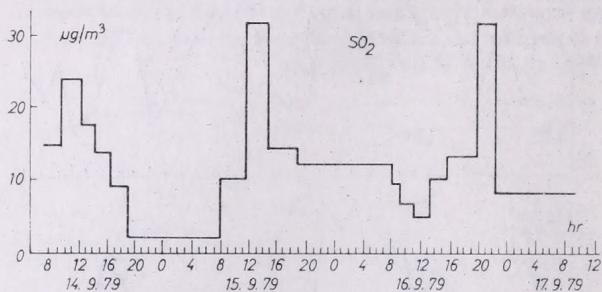


Fig. 2: Diurnal variation of sulfur dioxide concentration in Szarvas on selected days.

The temporal variation of TSP measured in Szarvas can be seen in *Fig. 1*, while *Fig. 6* represents, among other things, the TSP values observed in Kecskemét (here only the Soviet group measured the aerosol mass concentration). Particle concentrations, having run at the two sites in a rather parallel way, depended mainly on the synoptical conditions over the observational region. The increase of TSP generally coincided with higher air temperature and wind velocity, while days with smaller concentrations were characterized by advective temperature decrease or precipitation fall (e. g. 15 – 16 September). Trajectory analyses show that on some days high particle mass concentrations were very likely caused by large scale transport of polluted air from industrial regions.

Comparison of the data received with those published in the literature show that the particle content in Szarvas and Kecskemét was several times higher than the concentrations measured under background conditions in Switzerland and N. Norway (6.5 – 7.8 µg m<sup>-3</sup>; see *Janssens and Dams, 1975*), as well as in Borovoje, U.S.S.R. (27 – 53 µg m<sup>-3</sup>; see *Rovinsky et al., 1979*). This is explained at least partly by the nature of the soil and the agricultural activity around the sampling places.

## 2. Sulfur dioxide and sulfate

The Hungarian group sampled SO<sub>2</sub> in a bubbler containing tetrachloromercurate (TCM) solution, while Soviet specialists trapped sulfur dioxide in special tubes filled with an inert solid material also impregnated by TCM. Both groups analysed their daily samples taken from about 1 – 2 m<sup>3</sup> of air by means of the West-Gaeke method. *Table I* and *Fig. 1* show that the correlation between the data obtained by the two procedures in Szarvas is rather poor. It should be mentioned here that measurements made by the two groups

during the same time period in the Institute for Atmospheric Physics (in suburban Budapest) give a very good linear correlation coefficient (0.84 for 19 data pairs). It is proposed with caution that the differences in Szarvas are partly caused by the  $\text{SO}_2$  adsorbed on the surface of aerosol particles since the Hungarian group used a prefilter before the bubbler while the Soviet group did not. This explanation implicitly means that near a large source like Budapest adsorption processes are probably not yet completed. However, it is also possible that the better agreement in suburban Budapest was simply caused by the fact that sulfur dioxide concentrations were higher at this

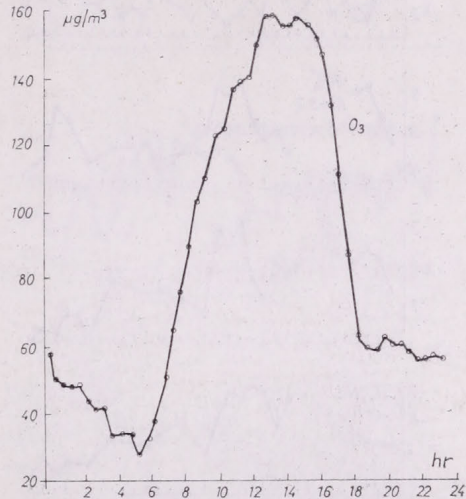


Fig. 3: Average diurnal variation of ozone in Szarvas.

station (25 and  $33 \mu\text{g m}^{-3}$  on an average as measured by the Hungarian and Soviet group, respectively) and the reliability of both sampling methods increased with increasing gas concentration.

The sulfur dioxide concentration in Kecskemét was only measured by the Hungarian group. At this station the  $\text{SO}_2$  level varied during the expedition between  $0.7$  and  $22 \mu\text{g m}^{-3}$  with an average value of  $5.4 \mu\text{g m}^{-3}$  (see Fig. 6). Comparison of the variations of sulfur dioxide concentration in Szarvas and Kecskemét suggests that  $\text{SO}_2$  at this two sites is not always of the same origin and sometimes might be due to local sources. Generally, high daily sulfur dioxide concentrations were determined simultaneously with temperature decrease in the air and N – NW air mass transportation. The data received are in a general agreement with those published for regional areas of Central Europe, but somewhat higher than the values relative to Northern and South-eastern Europe (Mészáros, 1978).

The diurnal variation of  $\text{SO}_2$  in Szarvas was also observed by the Soviet group by using shorter sampling times (see Fig. 2). As a rule, high concentration levels were detected during relatively short periods of 2–3 hours. This clearly shows the variability of the source intensity and transport over the region.

The sulfate concentration of the aerosol samples was determined by both groups nephelometrically using barium chloride reagent. As one can see from

Table I and Fig 1 the agreement between Soviet and Hungarian data is very good. Concerning the temporal variation (Fig. 1) a direct correlation was found between sulfate concentration, on one hand, and air temperature, humidity and pressure changes, on the other hand. The photochemical conditions were very favourable for sulfate formation during the sampling period and frequent temperature inversion prevented the vertical dilution of sulfate par-

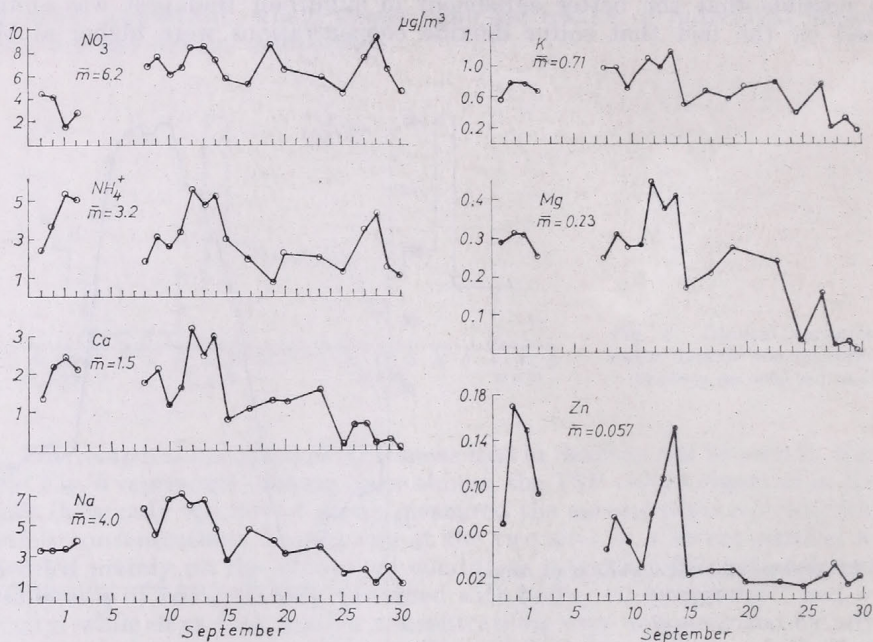


Fig. 4: Temporal variation of the concentration of some water soluble substances in Szarvas. All values are expressed in  $\mu\text{g m}^{-3}$ .  $\bar{m}$  gives the average value.

ticles in the atmosphere. Owing to this fact the  $\text{SO}_4$  concentrations obtained were higher than the average values reported by Mészáros (1978) for non-industrial regions of Central Europe.

### 3. Nitrogen dioxide and ozone

The nitrogen dioxide and ozone level in the air was continuously measured during the sampling period by the Soviet group with an automatic Beckman (U.S.A.) monitor operating on the chemiluminescence principle. From the records  $\text{NO}_2$  concentrations for each half-hour were determined. The daily averages calculated on the basis of these data were compared with the direct daily concentrations measured by the Hungarian group. This group sampled  $\text{NO}_2$  by bubbling filtered air through triethanolamine solution and analysed it by a reagent composed of sulfanilic amide and N-(1 naphthyl) ethylenediamine (see Levaggi et al., 1973).

The statistical parameters of this comparison are given in the last column of Table I, while the temporal variation of the concentrations obtained by the two groups is plotted in Fig. 1. The correlation coefficient of 0.41, significant

at a probability level of 0.1, gives a loose relation. Fig. 1 shows that while in some days (e. g. at the beginning of the sampling period) the runs are parallel in other days the concentrations are not comparable. The explanation of this discrepancy remains an open question. However, we can conclude that the two different methods give rather similar average values for a longer time period (see Table I).

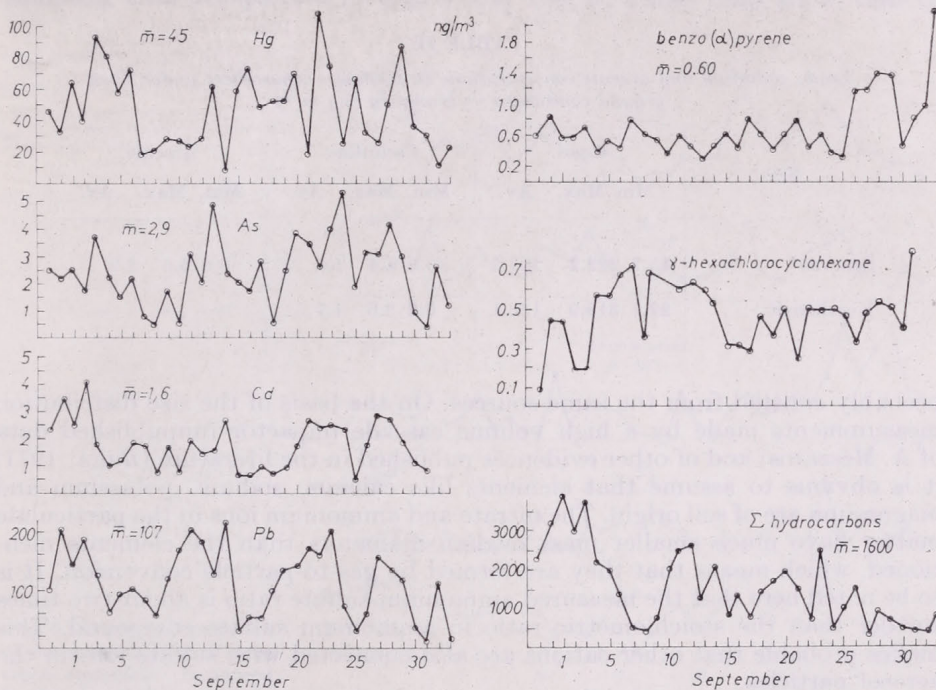


Fig. 5: Temporal variation of the concentration of different elements and organics in Szarvas. All values are expressed in  $ng\ m^{-3}$ .  $\bar{m}$  gives the average concentration.

Fig. 3 represents the average diurnal variation of the ozone concentration as measured in Szarvas by the Soviet group. It can be seen that maximum concentrations were detected at noon, when photochemical activity and vertical exchange have maximum intensity. The daily ozone concentration varied from 28 to 158  $\mu g\ m^{-3}$ . This means that the ozone level over Hungary is comparable with those reported for populated areas of Western Europe (Guicherit et al., 1972) and North America (Blumental et al., 1978).

#### 4. Water soluble components in aerosol samples

From the filter samples, after weighing, the water soluble components were extracted with bi-distilled water by the Hungarian group and, besides sulfate, the concentration of nitrate, ammonium, calcium, sodium, potassium, magnesium and zinc was determined by using wet chemical methods. Briefly, nitrate ions were analysed by the nitration of salicylic acid, while ammonium was identified by colorimetry using Nessler reagent. The magnesium and zinc

concentration of the water samples were determined by an atomic absorption spectrophotometer, while other ions mentioned were tested by means of a flame photometer in the usual way.

The temporal variation of the concentration of water soluble components observed in Szarvas is plotted in *Fig. 4*. The average level of different ions in the air is also given. One can see that, except for nitrate, ammonium and zinc, variations are practically parallel. The components having similar changes are

TABLE II.

*Lead, cadmium and arsenic concentrations in the lower atmosphere under background conditions in Hungary (ng m<sup>-3</sup>)*

Site	Lead			Cadmium			Arsenic		
	Min	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.
Szarvas	15.7	222.2	107.2	0.3	4.4	1.6	0.6	6.6	2.9
Kecskemét	22.7	318.9	136.1	0.2	3.6	1.7	—	—	—

probably emitted from the same sources. On the basis of the size distribution measurements made by a high volume cascade impactor (unpublished data of A. Mészáros) and of other evidences published in the literature (*Rahn, 1971*) it is obvious to assume that elements like calcium, sodium, potassium and magnesium are of soil origin. The nitrate and ammonium ions in the particulate matter have much smaller mass median diameters than the elements mentioned, which means that they are formed by gas-to-particle conversion. It is to be noted here that the measured ammonium-sulfate ratio is about two times smaller than the stoichiometric ratio in ammonium sulfate compound. This makes probable that other cations are also connected with sulfate ions in the aerosol particles.

It can be also seen from *Fig. 4* that, except some days, zinc concentrations are rather low. The number of observations is too small to explain the causes of the high concentrations. It is very probable, however, that zinc on these days comes from some un-identified pollution sources (e. g. industry, burning).

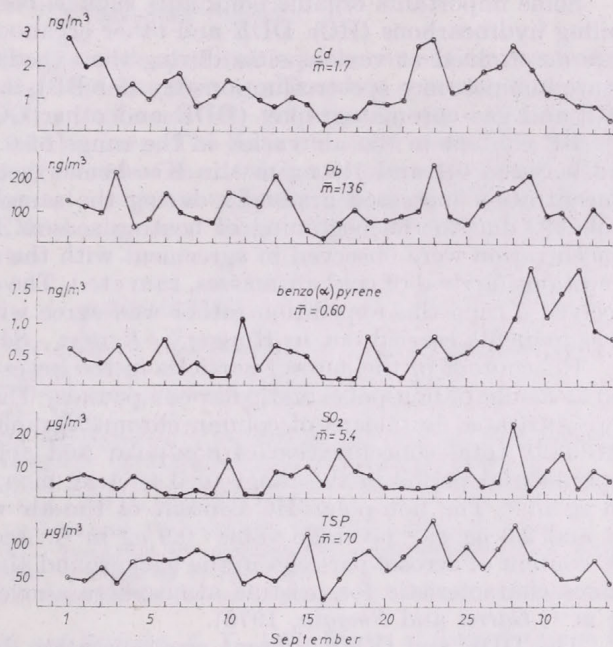
#### 5. Lead, cadmium, arsenic and mercury

These elements belong to the most toxic pollutants. They can be transported by air masses to long distances in the regions free from local pollution sources (*Chester and Stoner, 1973*). For this reason the determination of their background concentration is one of the most important tasks of environmental monitoring.

Lead and cadmium were extracted by the Soviet group with nitric acid from ashes of the cellulose acetate filters containing the aerosol samples. The lead and cadmium content of the liquid obtained was measured by atomic spectrophotometry. In the case of arsenic by means of an appropriate chemical technique arsenic was transformed to arsenic hydrate from which arsenic was liberated at 1000 °C. Differing from lead, cadmium and arsenic, mercury is present in the atmosphere mainly in gaseous form. Atmospheric mercury was

sampled by Soviet specialists by sucking the air through tubes of quartz glass filled with fine silver threads. By chemical reaction of mercury and silver, in the tubes amalgam was formed which was tested by an atomic absorption spectrophotometer.

The concentration range and the average concentration of lead, cadmium and arsenic are presented in *Table II*, while temporal variations for the two sampling sites are plotted in *Fig. 5* and *Fig. 6*. These data show that the



*Fig. 6*: Temporal variation of the concentration of some trace materials measured in the air near Kecskemét.

averages of lead, cadmium and arsenic concentrations observed are lower than those measured in similar regions in North America (550, 26 and 25  $\text{ng m}^{-3}$  for lead, cadmium and arsenic, respectively; *Stevens and Dzubay, 1975*; *Shum and Loveland, 1978*) and Western Europe (230, 2.3 and 6.9, respectively; see *Shum and Loveland, 1978*).

As it was mentioned above, meteorological conditions during the experimental period favoured the pollutant transport from Budapest to the regions where observations were carried out. The meteorological parameters at the two sampling sites did not differ significantly during the time period of the expedition (maximum differences were around 20%) and a transport from NW was observed. Thus, air masses coming from Budapest, arrived first at Kecskemét and after a time delay at Szarvas. One can see from *Figs. 5* and *6* that the temporal variations of heavy metals in Kecskemét and Szarvas coincided, although lead concentrations in Szarvas were noticeably lower. This might be due to the removal of lead containing particles during the transport. It should be noted, however, that cadmium and arsenic concentrations were practically similar at both sites.

The data for cadmium and arsenic observed in Szarvas are in good agree-

ement with the concentration range (0.1–4.0 ng m<sup>-3</sup>) received during many years at the background station Borovoje, U.S.S.R. (*Rovinsky, et al., 1979*).

Experimental data on mercury concentration in the air gained in Szarvas are presented in *Fig. 5*. It is seen the mercury concentration lies in the range of 20–100 ng m<sup>-3</sup>, which is somewhat higher than that relative to non-polluted regions (1–10 ng m<sup>-3</sup>, *Krenkel, 1973*).

### 6. Organic matters

Some important organic pollutants such as benzo ( $\alpha$ ) pyrene (BP), high-boiling hydrocarbons (HC), DDE and other organochlorine pesticides (OChP) were determined at various sites during the expedition by using low temperature luminescence spectrofluorimetry (for BP), infrared spectrophotometry (HC) and gas chromatography (DDE and other OChP).

BP content in the air varied in the range of 0.3–1.4 ng m<sup>-3</sup> in Szarvas and between 0.1 and 1.9 ng m<sup>-3</sup> in Kecskemét (see *Fig. 5* and *Fig. 6*). BP concentration increased gradually during the sampling period at both sites, probably due to the beginning of heating season. Smaller variations in BP concentration were observed in agreement with the changes of meteorological conditions (arrival of cold air masses, rain etc.). The data on BP concentration received during this expedition rather well agree with the results of previous measurements carried out in Hungary (*Kertész–Sáringér and Morlin, 1975*).

HC content of the aerosol particles in the lower atmosphere was determined as a sum of non-polar and polar compounds. The non-polar hydrocarbons were separated by means of column chromatography using aluminum oxide. The daily total concentration of non-polar and polar HC varied during the experimental period in the range of 0.4–4  $\mu$ g m<sup>-3</sup> with an average value of 1.6  $\mu$ g m<sup>-3</sup>. The non-polar HC content of the air was found to be between 0.1 and 2.3  $\mu$ g m<sup>-3</sup> (average value: 0.9  $\mu$ g m<sup>-3</sup>). According to these data the HC content of aerosol particles in the background air of Hungary is lower than values characteristic for pristine atmosphere above the land surface (5–13  $\mu$ g m<sup>-3</sup>; *Garret and Smagin, 1976*).

The DDE and OChP content was separately determined in gaseous and aerosol phases. The results of measurements carried out in Szarvas (in Kecskemét no such observations were made) are tabulated in *Table III*.

The data received show that the majority of  $\gamma$ -hexachlorocyclohexane

TABLE III.

*The content of organochlorine pesticides in the lower atmosphere, Szarvas ng m<sup>-3</sup> (Av. = average value)*

Pesticide	Concentration in gas phase		Concentration in aerosol phase		Gas constituent %	A. total concentration
	Range	Av.	Range	Av.		
p, p – DDE	0.03 – 0.32	0.13	0.01 – 0.20	0.03	81.3	0.16
$\alpha$ – HChCH*	0.10 – 0.46	0.26	0.005 – 0.05	0.02	92.9	0.28
$\gamma$ – HChCH	0.20 – 0.80	0.45	0.005 – 0.06	0.02	95.8	0.47

\* HChCH – hexachlorocyclohexane

(lindane) was identified as vapor. Similar results were obtained in Borovoje, U.S.S.R., during the period June–July, 1979. At this station the average  $\gamma$ -hexachlorocyclohexane concentration in vapors and aerosols was 0.45 and 0.02 ng m<sup>-3</sup>, respectively.

It is to be noted that the OChP levels observed in Hungary are similar to those published in the literature (Herzel and Lahmann, 1977; Hellmann, 1973) for background areas of Europe.

### 7. Concluding remarks

It is concluded that the first international experiment of Comecon countries on the integrated background monitoring allowed to compare Soviet and Hungarian methods as well as to assess the pollution level in the regional background environment of Hungary. The data obtained made also possible to evaluate the fitness and efficiency of the devices and procedures used by the two groups. The experimental results could serve as a good basis for the optimum siting of the GEMS background station network in the territory of the Comecon member-states.

### REFERENCES

- Blumental, D. L., White, W. H. and Smith T. B., 1978: Anatomy of Los Angeles smog episodes. *Atmospheric Environment* 12, 893–907.
- Chester, R. and Stoner, S. H., 1973: Average trace element concentration of low level atmospheric particulates. *Nature* 246, 138–139.
- Garret, W. and Smagin, V., 1976: Determination of the atmospheric contribution of petroleum hydrocarbons to the oceans. *Special Environmental Rep. No 6*, WMO, Geneva.
- Guicherit, R., Jelles, R. and Lindquist, F., 1972: Determination of the ozone concentration in the outdoor air near Delft, Netherlands. *Environ. Poll.* 3, 91–110.
- Hellmann, H., 1973: Pestizide in Gewässern Deutschlands. *Gewässer-Mitt.*, 17, 5120.
- Herzel, F. and Lahmann, E., 1977: Insektizid-bestimmungen in atmosphärischer Luft mittels der Filtermethode. *Gesundheits-Ingenieur* 7, 202–205.
- Izrael, Ju. A., 1979: *Ecology and control of environmental quality* (in Russian). Gidrometizdat, Leningrad.
- Izrael, Ju. A., Filippova, L. M. and Rovinsky, F. Y., 1977: Effects of the pollution on the biosphere and its monitoring in biospheric reservations (in Russian). *Proc. 2<sup>th</sup> Soviet-American Symp. on "Biospheric Reservations"*. 20–25.
- Izrael, Ju. A., Filippova, L. M., Rovinsky, F. Y. and Insarov, F. E., 1978: On the program of the complex background monitoring of environmental quality (in Russian). *Meteorologia i Gidrologia* No 9, 5–11.
- Jennsens, M. and Dams, R., 1975: Man's impact on atmospheric lead concentrations – Pollution sources and baseline levels in Western Europe. *Water, Air and Soil Pollution* 5, 97–107.
- Kertész-Sáringér, M. and Morlin Z., 1975: On the occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban area of Budapest. *Atmospheric Environment* 9, 831–834.
- Krenkel, P., 1973: Mercury environmental considerations. *CRC Critical Reviews in Env. Control*. Part 1.
- Levaggi, D. A., Siu, W. and Feldstein, M., 1973: A new method for measuring average 24-hours NO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere. *J. Air Poll. Control Ass.*, 23, 30–33.
- Mészáros, E., 1978: Concentration of sulfur compounds in remote continental and oceanic areas. *Atmospheric Environment* 12, 699–705.
- Rahn, K. A., 1971: *Sources of trace elements in aerosols. An approach to clean air*. Ph. D. Thesis. Univ. of Michigan.
- Rovinsky, F. Y., Koloskov, I. A., Cherkhanov, Y. P., Vorontsov, A. I. and Pastukhov, B. V., 1979: An experience of the complex monitoring of environmental pollution (in Russian). In "Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems". 134–136, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Shum, Y. and Loveland, W., 1978: Content of trace elements in the atmosphere related with combustion on state Oregon fields. *Atmospheric Environment* 12, 645–
- Stevens, R. and Dzubay, T., 1975: Recent developments in air particulate monitoring. *Transaction on Nuclear Science* 22, 849–855.

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 85. évf. 2. szám. 1981. március–április  
*Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 2. Mar–Apr 1981. Budapest*

## A comparison of sunphotometers measuring the turbidity of the atmosphere

E. MÉSZÁROS—M. PUTSAY, *Institute for Atmospheric Physics, H-1675 Budapest, P.O.B. 39.*

*A légköri homályosság mérésére szolgáló napfotométerek összehasonlítása.* A tanulmány célja kettős. A szerzők egyrészt összehasonlítják azokat az eredményeket, amelyeket négy azonos típusú Volz-féle napfotométerrel kaptak. Másrészt az időben legállandóbb Volz műszerrel mért homályosságokat az amerikai Környezetvédelmi Hivatal által javasolt, illetve a japán EKO cég által gyártott napfotométerek adataival vetik egybe.

\*

*A comparison of sunphotometers measuring the turbidity of the atmosphere.* The aim of this paper is twofold. First the results obtained by four identical Volz-type devices are compared. Secondly the turbidity values measured by the most stable Volz device are compared with the data gained by an EPA- and an EKO-type sunphotometer.

\*

*Introduction.* The monitoring of background atmospheric pollution is one of most important tasks of meteorology at present. The regular observation of the aerosol loading of the air is of particular interest since aerosol particles play an essential role in the control of some tropospheric processes (e. g. cloud formation, radiation balance). The total aerosol content in an air column can be characterized by the so-called turbidity which is a measure of the extinction of solar radiation owing to the presence of aerosol particles with radii between 0.1–10  $\mu\text{m}$ . Considering that the measurement of turbidity is apparently simple, the World Meteorological Organization (WMO) included the turbidity observation in the minimum program of its world-wide background atmospheric pollution monitoring network.

Atmospheric turbidity is generally measured with the sunphotometer or pyrheliometer technique. Because of its simplicity, the utilization of the sunphotometer technique becomes more and more common. The comparison of photometers of different type as well as the control of the homogeneity of identical devices used at different stations (or at the same station at different time intervals) are obviously needed in order to make the network data uniform.

The aim of this paper is twofold. It is intended to compare the turbidity data obtained by four identical Volz-type devices (Volz, 1974) and, on the other hand, to discuss the values determined simultaneously by three sunphotometers of different construction. These results can be useful for estimating the representativeness and comparability of atmospheric turbidity observations.

## 1. The photometers used

In this work three types of sunphotometers were used, which were designed by Volz, EPA and EKO. In the Volz sunphotometers a silicon detector is activated by the sun's radiation and the resulting electric current is measured. The radiation goes through suitable interference filters which make possible the use of appropriate narrow wavelength bands.

The EPA (Environmental Protection Agency, U.S.A.) sunphotometer is very similar in design to the Volz-type instrument. An important difference is that in the EPA device a selenium photodiode detects the radiation intensity.

In the EKO sunphotometer (EKO Instruments Trading Co., LTD, Japan) of model MS-120, which also has a Si photodiode, some improvements have been made in order to obtain a more accurate wavelength band and better linearity. Furthermore, in this photometer the effect of temperature variations can be taken into consideration.

It is to be noted that the authors are aware of the fact that a new reliable sunphotometer was recently developed in Switzerland for WMO purposes (Fröhlich, 1980). Unfortunately such a device was not available to be included in the present work.

## 2. Determination of turbidity

The turbidity observations were made during days without cloud cover in a usual way. From the instrument reading ( $J$ ) the turbidity at a wavelength of 500 nm ( $\tau_A$ ) was calculated, according to the standard WMO procedure (WMO, 1978), by the following equation:

$$\tau_A = \frac{\ln\left(\frac{J_0}{JS}\right)}{M} - \left(\frac{p}{p_0} \tau_R + \tau_O\right), \quad (1)$$

where  $J_0$  is the extraterrestrial irradiance expressed in the units of the instrument (and determined by calibration using the so-called Langley method),  $S$  is the correction factor for mean Sun-Earth distance,  $\tau_R$  is the Rayleigh scattering optical thickness of air molecules at a pressure  $p_0$  (1013.2 mb),  $\tau_O$  is the optical thickness for ozone absorption,  $M$  is the relative optical air mass calculated on the basis of the solar elevation angle as proposed by Kasten (1966), while  $p$  is the pressure at the moment of the observation. For the EKO photometer the reading was corrected to a temperature of 25 °C by the formula given by the company:

$$J_{25}^\circ = J(1 - \alpha[t - 25^\circ\text{C}]), \quad (2)$$

where  $J_{25}^\circ$  refers to 25 °C,  $t$  is the temperature (in °C) of the device while  $\alpha$  is the temperature coefficient ( $\alpha = 0.00075$  in our case).

The Volz sunphotometers were compared on the basis of observations carried out in the garden of our Institute (suburban Budapest) between 16 May, 1979 and 12 October, 1979. It should be noted that each device was calibrated at least monthly. One calibration for each photometer was applied maximum during one month, that is until making a new calibration. The

calibration points on the Langley plot were also used for comparison. In these cases the  $J_0$  value measured before was applied as calibration constant.

For the comparison of the three different photometers (Volz, EPA, EKO) the measurements were made simultaneously between 2 March–1 July, 1980, also in the garden of our Institute. For the Volz and EPA instruments the average of the previous calibration constants was used, which means that for one photometer always the same  $J_0$  value was used to calculate the turbidity. In the case of the EKO instrument the calibration certificate provided by the company was employed. In one case this calibration constant was controlled by the Langley method (see later).

### 3. Results of comparison

Table I gives the linear correlation coefficients calculated between data pairs from the four identical Volz sunphotometers (labelled V4, V5, V7, V8). It can be seen that the correlation between instruments of number V4 and V5 is very good, while it is rather poor between the devices V5 and V7 and V4–V7, and very poor between V7 and V8. To obtain further insight into the performance of the Volz sunphotometers the standard deviation and the average value of  $J_0$  for each instrument were calculated on the basis of nine simultaneous calibrations. The coefficient of variation, that is the ratio of the standard deviation to the average value expressed in per-cent, can be used to characterize the stability of a given photometer and the stability of the atmosphere during the Langley calibration. However, considering that the calibrations were made simultaneously, the atmospheric effects were the same for each device. We can assume in this way that an instrument with smaller variation is more stable than the other ones. The coefficient of variation was equal to 11.7%, 11.3%, 20.4% and 18.2% for the devices with numbers V4, V5, V7 and V8, respectively. One can see that the two sunphotometers (V4 and V5) giving the most comparable results have much better performance (stability) than the other two photometers. We have to mention in this respect that *Fröhlich* (1980) in Davos (Switzerland) obtained a calibration constant variation typically around 4% for the new Volz-type instrument. It is to be noted, however, that this value characterizes the variation from day to day, while we made calibrations over longer intervals. Furthermore, one cannot exclude the possibility that near a large city (Budapest) the turbidity can be more variable during Langley plot measurements.

On the basis of the coefficients of variation the most stable Volz-type

TABLE I.  
*Correlation coefficients between turbidity values measured by four Volz (V) sunphotometers.*

Instruments	Correlation coefficient	Number of cases
V4–V5	0.95	85
V4–V7	0.43	58
V4–V8	0.74	58
V5–V7	0.37	58
V5–V8	0.74	58
V7–V8	0.19	58

sunphotometer was chosen (V5) for comparison with EPA and EKO instruments. Fig. 1 represents the temporal variation of the turbidity measured by means of the three different instruments. It can be seen that generally the EKO instrument gives the highest, while the EPA photometer measures the lowest turbidity values. This difference seems to be rather systematic and e.g.

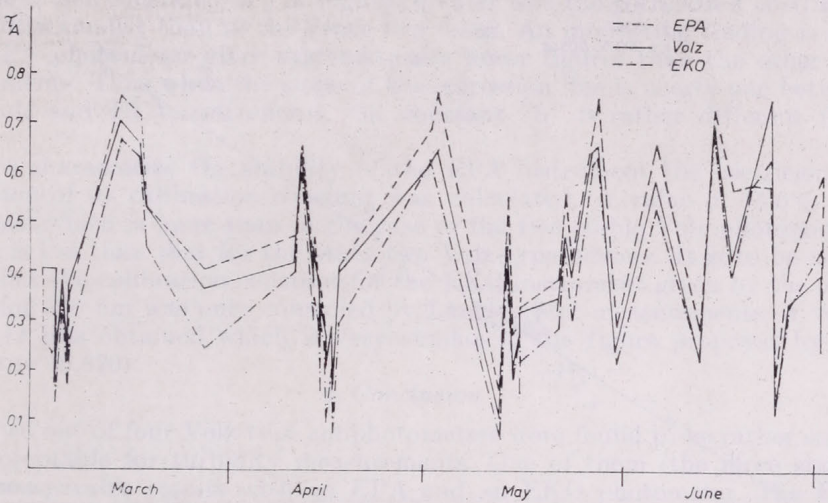


Fig. 1: Temporal variation of the atmospheric turbidity measured by means of three different sunphotometers.

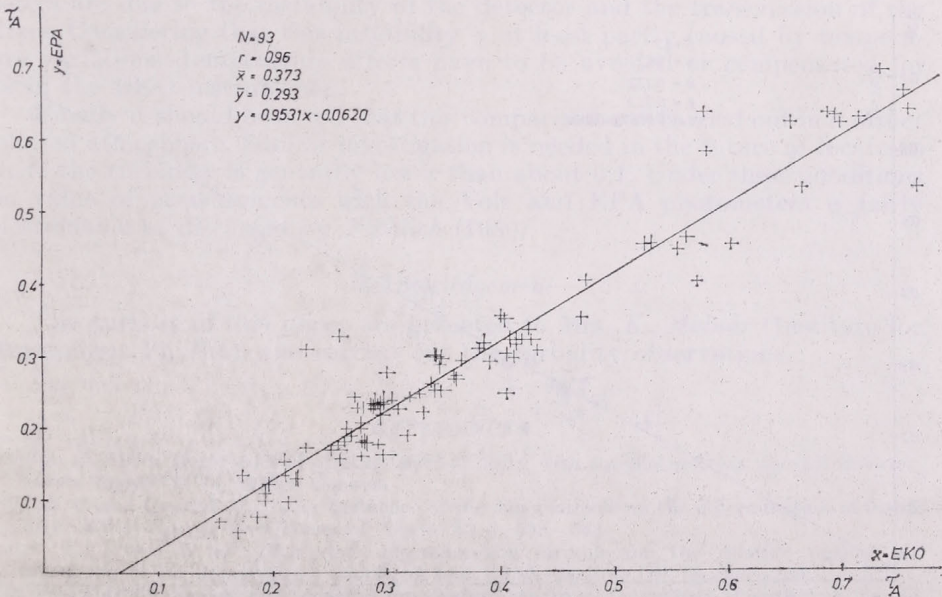


Fig. 2: Relationship between turbidity values measured by the EKO and Volz-type sunphotometers.  $N$  is the number of cases while  $r$  is the linear correlation coefficient.

it could be due to aureole influence caused by different view limiting geometries (for further details see Fröhlich and Quenzel, 1974). The relationship between the different sunphotometers is plotted on Figs. 2, 3 and 4. In these figures the statistical characteristics of the data are also given including the

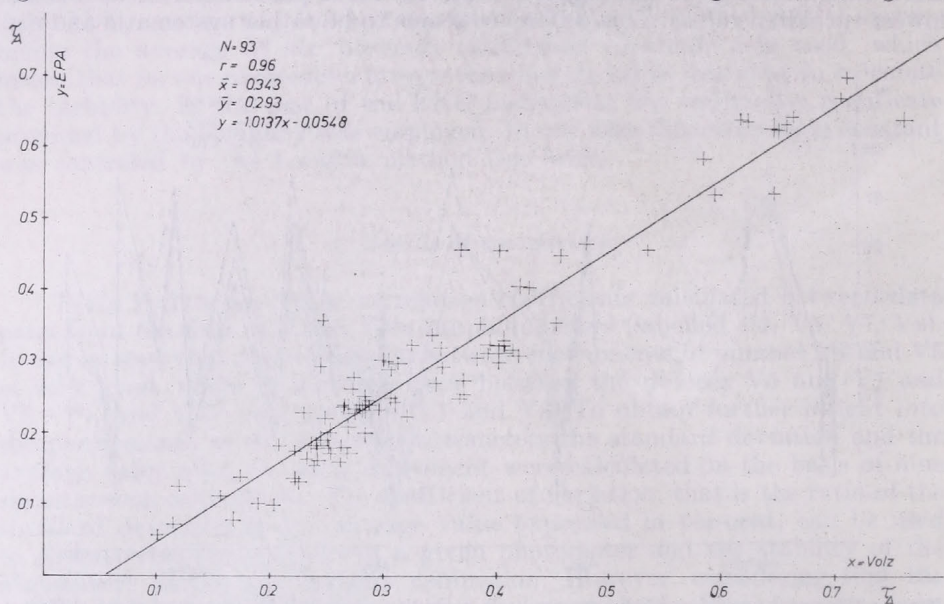


Fig. 3: Relationship between turbidity values measured by the Volz-type and EPA sunphotometers.  $N$  is the number of cases while  $r$  is the linear correlation coefficient.

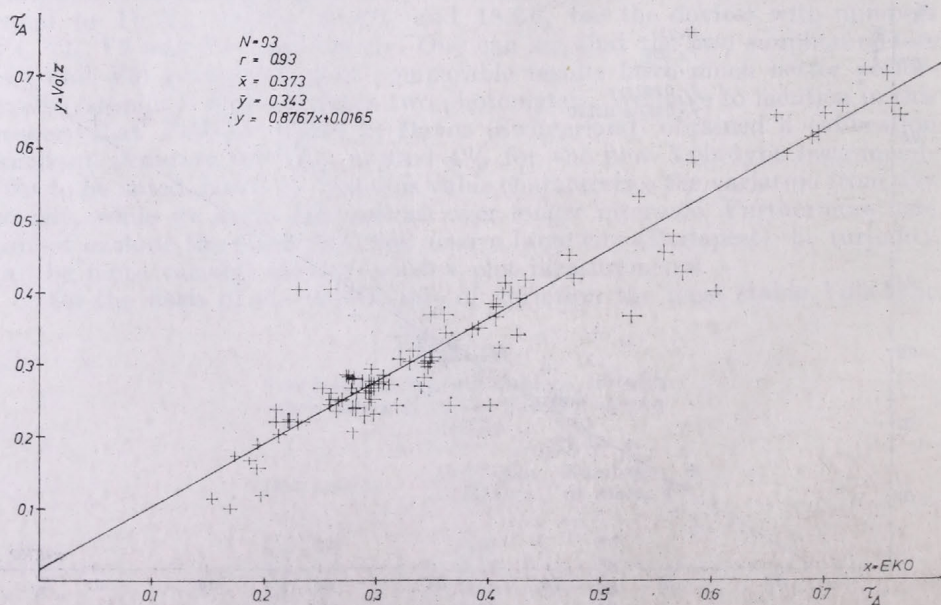


Fig. 4: Relationship between turbidity values measured by the EKO and EPA sunphotometers.  $N$  is the number of cases while  $r$  is the linear correlation coefficient.

equation of the regression line. It follows from these figures that the correlation between the turbidities measured by these sunphotometers is acceptably good, which means that the correlation coefficients are higher than 0.9. Considering the average values and the constant "b" of the  $y = ax + b$  regression line we can say that the agreement is the best between the Volz and EKO photometers. But in this case the deviation of the slope of the regression line from the  $\text{tg}45^\circ$  (see constant "a") is slightly greater and the correlation coefficient is slightly smaller than in the other two cases. An interesting finding is that the EPA photometer gives systematically lower figures than the other two instruments. Thus while the slope of the regression line is nearly one between the Volz and EPA instruments, the constant "b" is rather different from zero.

To characterize the stability of the EPA instrument the coefficient of variation of its calibration constant was calculated. A value of 15.6% was obtained which is more than in the case of the two stable Volz photometers, but it is less than that for the other two Volz-type devices. It is to be noted here that the calibration constant for the EKO instrument given by the company for 500 nm was once controled by Langley plot measurements. A value of 0.842 was obtained which is very similar to the figure proposed by the company (0.820).

#### 4. Conclusion

Two out of four Volz-type sunphotometers were found to be rather stable and acceptable for turbidity measurements. One of them (the more stable) gave comparable results with an EPA and an EKO photometer. The EPA instrument supplied systematically lower turbidity values than the other two photometers.

It is probable that the problems with the two less stable Volz-type photometers are due to the instability of the detector and the transmission of the filters. Considering that this instability is at least partly caused by temperature variations, temperature effects have to be avoided or compensated for (as in the EKO instrument).

Finally it should be noted that this comparison was carried out in a rather polluted atmosphere. Similar investigation is needed in the future at locations where the turbidity is generally lower than about 0.1. Under these conditions the value of measurements with the Volz and EPA photometers is fairly questionable as discussed by Fröhlich (1980).

#### Acknowledgement

The authors of this paper are indebted to Mrs. K. Molnár (Institute for Atmospheric Physics) who carried out the turbidity observations.

#### REFERENCES

- Fröhlich, C., 1980: Monitoring of atmospheric turbidity with sunphotometers. *Special Environmental Report No 14*, WMO, Geneva.
- Fröhlich, C. and Quenzel, H., 1974: Influence of the sun's aureole on the determination of turbidity. *WMO Special Environmental Report No 3*, 538-544.
- Kasten, F., 1966 - A new table and approximation formula for the relative optical air mass. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie (B)* 14, 206-233.
- Volz, F., 1974: Economical multispectral sun photometer for measurements of aerosol extinction from 0.44  $\mu\text{m}$  to 1.6  $\mu\text{m}$  and precipitable water. *Applied Optics* 13, 1732-1733.
- WMO, 1978: *International operations handbook for measurement of background atmospheric pollution*. WMO - No 491, Geneva.

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 2. szám. 1981. március – április  
*Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 2. Mar – Apr 1981. Budapest*

## Numerical modelling of air pollution by exhaust gases from motor vehicles in built-up areas

ŠAMAJ F, *Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, Bratislava*

*A levegő gépjárművek okozta szennyezettségének numerikus modellezése.* A dolgozat célja sűrűn beépített, városi területeken a gépjárművek kipufogó gázainak diszperzióját leíró modell ismertetése. A modell a turbulens diffúziós egyenlet numerikus megoldásán alapul. A modell felhasználható arra, hogy leírja a kipufogó gázokból származó szennyezőanyag koncentrációjának területi eloszlását egy mindkét oldalán zárt beépítésű utcában. A szerző a nyert eredményeket összeveti a légszennyezettség mért értékeivel, és kitér a modell gyakorlati alkalmazásának lehetőségeire is.

\*

*Numerical modelling of air pollution by exhaust gases from motor vehicles in built-up areas.* The aim of this paper is to describe a model of dispersion of exhaust gases from motor vehicles in town built-up areas. The model is based on the numerical solution of equation of turbulent diffusion. The model is used for describing the basic properties of areal distribution of gas exhaust concentrations in streets built-up on both sides. The results are compared with those obtained by air pollution measurements, and the possibilities of the application of the model practice are assessed.

\*

Recent process of industrialization has caused an increase of air pollution. The increase of the number of motor vehicles is contributing at a large extent to this pollution as well. If we suppose, that the rate of emission of pollutants is constant, the value of concentration is determined by diffusion depending on meteorological conditions. The diffusion conditions – being also influenced by city structure – can be improved by accomplishing adequate urban projects. The role of the facts mentioned above can be studied only by calculating the distribution of pollutants in cases of varying environmental conditions.

This study is based on the solution of turbulent diffusion equation, since all processes involving the transport of pollutants in the atmosphere at small scale are determined primarily by turbulent diffusion. In all these cases, it is necessary to know the spatial distribution of the turbulent characteristics as well as the meteorological elements which determine the mechanism of exchange processes in the atmosphere.

For describing the transport of pollutants in built-up areas the most suitable method is to make usage of the K – theory (Csanady, 1973) based on the equation of turbulent diffusion:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial c}{\partial t} + u(x,y,z,t) \frac{\partial c}{\partial x} + v(x,y,z,t) \frac{\partial c}{\partial y} + w(x,y,z,t) \frac{\partial c}{\partial z} = \\ & = \frac{\partial}{\partial x} K_x(x,y,z,t) \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y(x,y,z,t) \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K_z(x,y,z,t) \frac{\partial c}{\partial z} + f(t)c + g \end{aligned} \quad (1)$$

where  $c(x, y, z, t)$  is the average concentration of the pollutant,  
 $u, v, w$ , are the wind velocity components,  
 $K_x, K_y, K_z$  are the components of the diffusion coefficient,  
 $f(t)$  is the function expressing the change of concentration of pollutant  
as a result of chemical reactions in the atmosphere, while  
 $g(x, y, z, t)$  is a function describing the distribution of pollution sources.

The equation can analytically be solved only by drastic simplification of the real conditions in the atmosphere. For the examination of atmospheric diffusion in a built-up area over non-homogeneous surface it is necessary to take into account the horizontal and vertical variations of the meteorological elements and an adequate formulation of the boundary conditions must be given. The solution can only be gained by approximate methods.

At present, several methods for an approximate solution of the partial differential equations exist. The principle of these methods is the following: the time and space derivatives of the variables in a given point are substituted by finite differences *Samarski* (1977).

$$\frac{\partial c(x_0, t_0)}{\partial t} \approx \frac{c(x_0, t_0 + \tau) - c(x_0, t_0)}{\tau} \quad (2)$$

$$\frac{\partial c(x_0, t_0)}{\partial x} \approx \frac{c(x_0 + h, t_0) - c(x_0, t_0)}{h} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} K_z(x_0, t_0) \frac{\partial c(x_0, t_0)}{\partial x} \approx & K_x(x_0, t_0) \frac{c(x_0 + h, t_0) - 2c(x_0, t_0) + c(x_0 - h, t_0)}{h^2} + \\ & + \frac{K_x(x_0 + h, t_0) - K_x(x_0 - h, t_0)}{2h} \cdot \frac{c(x_0 + h, t_0) - c(x_0 - h, t_0)}{2h} \end{aligned} \quad (3')$$

where  $h$  and  $\tau$  are the spatial and time steps of differentiation, respectively. Instead of a differential equation now we have to solve a system of linear algebraic equations.

From a physical point of view, the method of finite differences means a transfer of the continuous field to a field characterized by values given in discrete points. At such transfer it is necessary to serve basic properties of physical process. From a mathematical point of view, it means, that the process of the solution should be stable and convergent. This requirement can be achieved by a suitable choice of the time and space step of differentiation.

If

$$0 < K_x(x, t) \leq K \leq \frac{h^2}{2\tau} \quad (4)$$

where  $K$  is constant, then the finite difference solution converges to the real one.

The method of solution of turbulent diffusion equation described above has been applied to determine the distribution of pollutants contained in exhaust gases from motor vehicles in built-up street. A densely built-up street can be approximated by a so called canyon (*Fig. 1*). If we disregard the flow along the canyon and a source of harmful substances is presumed to be equally distributed along the street, the solution will be independent of the

“y” coordinate and the problem can be solved for an arbitrary street cross section Šamaj and Heseck (1980).

We will assume that on the walls of the canyon and the roadway, there is no absorption of exhaust gases. This means that the flow of the pollutants across the walls and roadway will be zero. This fact can be expressed by appropriate boundary conditions. Further, we assume that at a height of H the value of background concentration  $C_0$  is constant.

According to these assumptions the basic equation and the boundary conditions can be expressed in the following way:

$$\frac{\partial c(x, z, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} K_x(x, z, t) \frac{\partial c(x, z, t)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial c(x, z, t)}{\partial z} \quad (5)$$

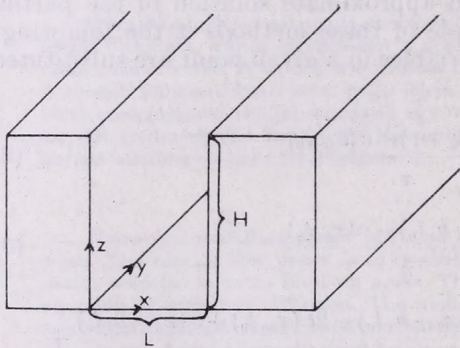


Fig. 1.  
A street approximated by a canyon

$$-K_x \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=0} = -K_x \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=L} = C \quad \text{for } 0 \leq z \leq H \quad (6)$$

$$-K_z \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0 \quad \text{for } 0 \leq X \leq L \quad (7)$$

$$C \Big|_{z=H} = C_0 \quad \text{for } 0 \leq X \leq L \quad (8)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} \Big|_{x=x_0, z=z_0} = Q(t)$$

where  $Q$  [ $\text{gm}^{-3} \text{s}^{-1}$ ] is the rate of emission, while

$x_0, z_0$  are the coordinates of source.

At  $t = t_0$   $c = c_0$  is valid for the whole area considered. Let's divide the interval  $\langle 0, L \rangle$  on equal intervals  $m$ ; i.e.

$$\Delta x = \frac{L}{m} \quad x_i = i\Delta x - \frac{\Delta x}{2} \quad x_{m+1} = L + \frac{\Delta x}{2} \quad x_0 = -\frac{\Delta x}{2}$$

Similarly, we divide interval  $\langle 0, H \rangle$  on equal intervals  $n$ :

$$\Delta z = \frac{H}{n} \quad z_i = i\Delta z - \frac{\Delta z}{2} \quad z_{n+1} = H + \frac{\Delta z}{2} \quad z_0 = -\frac{\Delta z}{2}$$

The grid obtained by this way is illustrated in Fig. 2. For each of the inner points, equation (5) will be replaced by the differential relation:

$$\begin{aligned} \frac{c_{i,j}^{t+1} - c_{i,j}^t}{\Delta t} &= K_{x_{i,j}}^t \frac{c_{i+1,j}^t - 2c_{i,j}^t + c_{i-1,j}^t}{(\Delta x)^2} + \\ &+ \frac{K_{x_{i+1,j}}^t - K_{x_{i-1,j}}^t}{2\Delta x} \cdot \frac{c_{i+1,j}^t - c_{i-1,j}^t}{2\Delta x} + \\ &+ K_{z_{i,j}}^t \frac{c_{i,j+1}^t - 2c_{i,j}^t + c_{i,j-1}^t}{(\Delta z)^2} + \\ &\frac{K_{z_{i,j+1}}^t - K_{z_{i,j-1}}^t}{2\Delta z} \cdot \frac{c_{i,j+1}^t - c_{i,j-1}^t}{2\Delta z} \end{aligned}$$

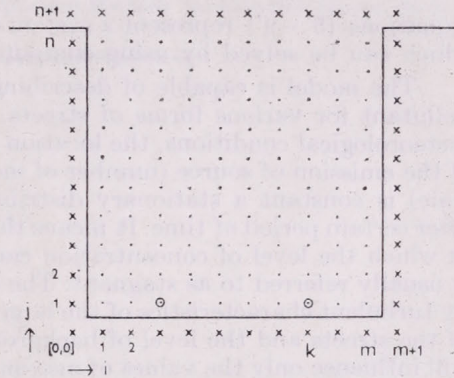


Fig. 2: Cross section of the street  $\odot$ —source,  $\times$ —outer point,  $\bullet$ —inner point

By introducing the notation

$$w_{i,j}^t = \frac{K_{x_{i,j}}^t \Delta t}{(\Delta x)^2}, \quad \gamma_{z_{i,j}}^t = \frac{K_{z_{i,j}}^t \Delta t}{(\Delta z)^2},$$

we get

$$\begin{aligned} c_{i,j}^{t+1} &= c_{i,j}^t (1 - 2w_{i,j}^t - 2\gamma_{i,j}^t) + c_{i+1,j}^t \frac{1}{4} (4w_{i,j}^t + w_{i+1,j}^t - w_{i-1,j}^t) + \\ &+ c_{i-1,j}^t \frac{1}{4} (4w_{i,j}^t - w_{i+1,j}^t + w_{i-1,j}^t) + c_{i,j+1}^t \frac{1}{4} (4\gamma_{i,j}^t + \gamma_{i,j+1}^t - \gamma_{i,j-1}^t) + \\ &+ c_{i,j-1}^t \frac{1}{4} (4\gamma_{i,j}^t - \gamma_{i,j+1}^t + \gamma_{i,j-1}^t) \end{aligned} \quad (5')$$

Eq. (5') represents a system of  $m \times n$  linear equations, with  $(m+2) \times (n+2)$  unknowns. For solving this system we have to eliminate  $2(m+n+2)$  unknowns from the equations describing the initial and boundary conditions. Expressing the boundary conditions by finite differences:

$$-K_{x1,j}^t \frac{c_{1,j}^t - c_{0,j}^t}{\Delta x} = 0 \Rightarrow c_{1,j}^t = c_{0,j}^t \quad j = 0, 1, \dots, n + 1$$

$$-K_{xm,j}^t \frac{c_{m+1,j}^t - c_{m,j}^t}{\Delta x} = 0 \Rightarrow c_{m+1,j}^t = c_{m,j}^t \quad j = 0, 1, \dots, n + 1 \quad (6')$$

$$-K_{zi,1}^t \frac{c_{i,1}^t - c_{i,0}^t}{\Delta z} = 0 \Rightarrow c_{i,1}^t = c_{i,0}^t \quad i = 0, 1, \dots, m + 1 \quad (7')$$

$$c_{i,n+1}^t = c_0 \quad i = 0, 1, \dots, m + 1 \quad (8')$$

$$c_{k,1}^{t+1} = c_{k,1}^t + Q\Delta t \quad (9')$$

Equations (5'–9') represent a system of  $(m + 2) \times (n + 2)$  linear equations, which can be solved by using computer.

The model is capable of describing the distribution of concentration of pollutant for various forms of streets, if the turbulent characteristics of the meteorological conditions, the location and emission of the sources are known. If the emission of source (number of motor vehicles passing the street per unit time) is constant a stationary distribution of exhaust gases will be formed after certain period of time. It means that the air over the street is in a condition in which the level of concentration cannot increase any more. This condition is usually referred to as stagnant. The duration of this condition is influenced by turbulent characteristics of the large-scale motion, the width and the height of the streets and the level of background concentration. Emission of sources will influence only the values of maximum concentration, but not the duration of the stagnant state.

For illustration some calculated values of the maximum concentration of carbon monoxide at the time of maximum traffic in the case of stable stratification of the air are as follows:

Duration of stagnant condition :

Street height 40 m, width 20 m	65 min 37 mg/m <sup>3</sup>
Street height 20 m, width 20 m	28 min 19 mg/m <sup>3</sup>
Street height 10 m, width 20 m	9 min 10 mg/m <sup>3</sup>

Our aim in this paper was to calculate the maximum values of concentration. The model obviously neglects some factors which might decrease these values in certain cases. Among these factors the most important one is undoubtedly the flow modified by roughness of the built-up area. To improve our model this way, it would be necessary to express the transport of exhaust gases caused by the modified flow which would cause no problem from a mathematical point of view. Our knowledge of the wind field for such an improved model is however not sufficient enough, because the flow in built-up areas is not homogeneous and has an inherent turbulent character.

Finally we can conclude that a high pollution level of the so called respiration zone (up to 2 m) caused by motor vehicle pollutants appears to be serious problem of large cities. According to some authors, motor vehicles contribute the pollution of this zone by 95–100%. Generally, it is assumed

that among the gaseous pollutants contained by exhaust gases from motor vehicles, the carbon monoxide and nitrogen oxides are the most harmful for human being. According to the result shown above the air quality standard of CO for 30 min ( $6.0 \text{ mg m}^{-3}$ ) can be exceeded 5–10 times in the case of unfavourable conditions. This result coincides with the measurements carried out in Prague, Bratislava and Košice.

#### REFERENCES

- Csanady, G. T.*, 1973: Turbulent Diffusion in the Environment, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Šamaj, M., Heseck, F.*, 1980: Modelovanie znečistenia ovzdušia výfukovými plynmi automobilov v husto zastavaných uliciach, Meteorologické Zprávy 33. č. 3, Bratislava.
- Samarski, A. A.*, 1977: The Theory of Finite-Difference Methods (in Russian), Nauka, Moskva.
-

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 85. évf. 2. szám. 1981. március–április  
*Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 2. Mar–Apr 1981. Budapest*

## A domborzat hatása a lokális áramlási mezőre III. rész. Az $y$ irányban homogén (kétdimenziós) modell

MERSICH IVÁN, Központi Meteorológiai Intézet, Budapest, Pf. 38. 1525

*The effect of the orography on the local wind-field. III. Horizontally homogenous two-dimensional model. This paper describes a finite-difference model of airflow modified by orography, which is assumed to be homogenous in  $y$  direction. The equations of thermo- and hydrodynamic were transformed into a terrain-following coordinate system. The model is nonhydrostatic, anelastic and based on the Boussinesq approximation. Calculations were carried out for the cases of constant surface temperature with varying vertical temperature gradient and constant vertical temperature gradient with varying surface temperature. In order to test the model, the result gained by the calculations was compared to meteorological observations executed near the Lake Balaton.*

\*

*A domborzat hatása a lokális áramlási mezőre. III. rész. Az  $y$  irányban homogén (kétdimenziós) modell. A szerző  $y$  irányban homogén domborzat áramlásmódosító hatását modellezte. A termo-hidrodinamikai egyenletrendszer a felszínt követő koordinátarendszerbe transzformálta. Az alkalmazott modell a Boussinesq közelítésen alapszik, nem hidrosztatikus és anelasztikus. A számításokat változó hőmérsékleti rétegződés feltételezésével állandó felszíni hőmérséklet mellett, valamint állandó vertikális hőmérsékleti gradiens és változó felszíni hőmérséklet esetére hajtotta végre. Kísérletet tett a számítási eredmények mérésekkel történő igazolására, felhasználva a Balaton-felvidéken végzett meteorológiai észlelések eredményeit.*

\*

*Bevezetés.* Tanulmányunkban folytatjuk az I. és II. részben célul kitűzött és részben már körvonalazott feladat kifejtését, amely röviden a következő: Általános dinamikai, nem-hidrosztatikus modell kidolgozása a lokális méretű mechanikai és termikus kényszerek légáramlást módosító hatásának leírására.

Az első részben a háromdimenziós mozgásegyenleteket vezettük le. Elsődleges célunk a modell fizikai–meteorológiai szempontból korrekett megfogalmazása volt. Bár egyes döntéseinket (pl. a felszínt követő koordináta transzformáció alkalmazása) numerikus és számítástechnikai megfontolások irányították, összességében mégis háttérbe szorultak a megoldás és a vele kapcsolatos matematikai kérdések.

A második részben az egyenletrendszer horizontálisan homogén változatának néhány megoldását mutattuk be. A felszíni hőmérséklet napi menetének felhasználásával a szél- és hőmérsékletprofil napi menetét kaptuk eredményül. Ezek a számítások képezik a kétdimenziós modell-változat kezdeti értékeit.

Ebben a harmadik részben az  $y$  irányban homogén modell-hegy áramlást módosító hatását vizsgáltuk. Először állandó felszíni hőmérséklet mellett változtattuk a modell-légkör hőmérsékleti profilját, majd a vizsgálat második

szakaszában a hőmérséklet rögzített vertikális eloszlása esetén felszíni hőmérséklet-ingásokat vezettünk be. A modell-hegy alakját úgy választottuk meg, hogy a lehető legjobban közelítse a Bakony, ill. a Balaton-felvidék hegyeit. A fenti modell választása, felhasználva a Balaton és környéke meteorológiai adatait, lehetővé teszi a modell kvalitatív tesztelését.

### 1. A modell alapegyenletei

A felszint követő  $(x, y, \xi)$  koordináta rendszerben a modellt alkotó nem-hidrosztatikus, kétdimenziós ( $y$  irányban homogén) mozgás-, hő- és divergencia-egyenlet a következő:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - \omega \frac{\partial u}{\partial \xi} - f(V_9 - v) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial x} + \frac{1}{J} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[ 2JK_{m_{ha}} \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ K_{m_{ha}} \frac{1}{J} \frac{\partial u}{\partial \xi} \right] \right\} \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - \omega \frac{\partial v}{\partial \xi} + f(U_9 - u) + \frac{1}{J} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[ JK_{m_{ha}} \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ K_{m_{va}} \frac{1}{J} \frac{\partial v}{\partial \xi} \right] \right\} \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = -u \frac{\partial \omega}{\partial x} - \omega \frac{\partial \omega}{\partial \xi} + \frac{2\omega u}{H-n} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\pi}{2} t_{\xi} \left( \frac{\pi_{\xi}}{2} \right) \omega^2 - \frac{1}{J} \left\{ \frac{\partial p'}{\partial \xi} - \frac{\Theta'}{\Theta} g - \frac{\partial}{\partial x} \left[ JK_{m_{wa}} \right] - \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ 2K_{m_{hi}} \frac{\partial \omega}{\partial \xi} \right] \right\} \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = -u \frac{\partial \Theta}{\partial x} - \omega \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} + \frac{1}{C_p} \frac{\Theta}{T} Q + \frac{1}{J} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[ JK_{h_{hi}} \frac{\partial \Theta}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ K_{h_{va}} \frac{1}{J} \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} \right] \right\} \quad (1.4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ J \frac{\partial p'}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ \frac{1}{J} \frac{\partial p'}{\partial \xi} \right] = \frac{\partial}{\partial x} (\tilde{\rho} Du) + \frac{\partial}{\partial \xi} (\tilde{\rho} D\omega), \quad (1.5)$$

ahol  $x, y, \xi$  — a felszint követő koordináta-rendszer koordinátái.

A vertikális koordinátát az alábbi transzformációval nyertük:

$$\xi = \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{H-z}{H-h(x)}$$

$H$  — a számításba bevont légréteg vastagsága; m,

$h(x)$  — a hegyet leíró függvény; m,

$z$  — az eredeti vertikális koordináta; m,

$u, v, \omega$  — a megfelelő szélsősebesség komponensek; m/s,

$f$  — a Coriolis paraméter; 1/s,

$\rho$  — a levegő átlagos sűrűsége; kg/m<sup>3</sup>,

$p'$  – a nyomásfluktuáció (az alapállapottól való eltérés);  $\text{kg}/(\text{ms}^2)$ ,  
 $U_g$ ;  $V_g$  – a geosztrofikus szélesebbesség komponensek;  $\text{m/s}$ ,  
 $J$  – a transzformáció mátrix (3,3) indexű eleme,

$$J = -[H - h(x)] \frac{2}{\pi} \cdot \cos\left(\frac{2}{\pi} \xi\right),$$

$\bar{\rho} = J\rho$  – a sűrűség szokásos jelölése,

$K_m$  – az impulzus átvitel turbulens-diffúziós együtthatója;  $\text{m}^2/\text{s}$ ,

$K_h$  – a hő átvitel turbulens-diffúziós együtthatója;  $\text{m}^2/\text{s}$ ,

$g$  – a gravitációs gyorsulás;  $\text{m}/\text{s}^2$ ,

$\Theta'$  – a potenciális hőmérséklet eltérése az alapállapottól;  $\text{K}$ ,

$\Theta$  – az alapállapot potenciális hőmérséklete;  $\text{K}$ ,

$c_p$  – az állandó nyomáson vett fajhő;  $\text{erg}/(\text{g} \cdot \text{fok})$ ,

$Q$  – a diabaticus hőforrás intenzitása;  $\text{erg}/(\text{gs})$ ,

$h_a$ ;  $h_i$ ;  $v_a$  – indexek rendre horizontális anizotrópia, horizontális izotrópia és vertikális anizotrópia esetén.

$$Du = \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial p'}{\partial x}; \quad D\omega = \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{1}{J} \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial p'}{\partial \xi} \quad \text{egyszerűsítő jelölések.}$$

Az alapállapotot a geosztrofikus szélegenlet megfelelő alakja és a sztatika alapegyenlete határozza meg:

$$U_g = -\frac{1}{f} \frac{\partial \bar{p}}{\partial y}, \quad (1.6)$$

$$V_g = \frac{1}{f} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \frac{1}{f} \left[ g \sin\left(\frac{\pi}{2} \xi\right) + \frac{J^2 \omega^2}{H - h} \right] \frac{\partial h}{\partial x}, \quad (1.7)$$

$$\frac{\partial \bar{p}}{\partial \xi} = -\bar{\rho} g, \quad (1.8)$$

ahol  $\bar{p}$  a nagytérségű nyomásmezőt jelöli.

A diffúziós együtthatók parametrizálását a cikksorozat I. és II. részében leírtak szerint végeztük el, ezért ennek ismételt részletezését most mellőzzük.

## 2. Numerikus módszerek

Az 1.1–1.5 egyenleteket véges különbségi formába írva oldjuk meg. A véges különbségekre vonatkozó egyenletek részletes leírását elhagyva, csak a megoldás közben fellépő néhány fontos problémát emelünk ki.

A számítási mező lefedésére alkalmazott rácshálózat a transzformáció miatt jelentős deformációt szenved és érdekes alakzatokat vesz fel. Így például a hegy felett a rácsnégyzetek trapezoid alakká módosulnak. E torzulás jelentős numerikus problémákat idéz elő, amelyekre a későbbiek folyamán még visszatérünk.

A változók rács-elrendezését úgy készítettük el, hogy a rácspontokban adjuk meg a sebességértékeket, a félrácspontokban pedig az állapotváltozókat és a diffúziós együtthatókat. Az egyenlet időbeli integrálását az ún. Adams–Bashforth módszerrel végezzük.

$A \frac{\partial x_1}{\partial t} = f_1(x_1; x_2; \dots, t)$  parciális differenciálegyenlet megoldási sémája a következő:

$$\alpha_i^{(n+1)} = \alpha_i^{(n)} + \left[ \frac{3}{2} f_i^{(n)} - \frac{1}{2} f_i^{(n-1)} \right] \Delta t.$$

A módszer kiválasztásának elsősorban számítástechnikai okai voltak: a gyakorlatban alkalmazott másodrendűen pontos sémák között ez a módszer viszonylag gyors és kis számítógép-memória területet igényel. Ugyanakkor Fischer (1965), Kasahara (1965) és Lilly (1965) eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a módszer stabilitási tulajdonsága, más nagyobb számítástechnikai kapacitást igénylő eljárásokhoz hasonló vagy azoknál jobb.

Az advektív tagokat ( $u \partial u / \partial x$ ;  $\omega \partial u / \partial z$  stb.) három pont alapján másodrendűen pontos, gyengén *upstream* tulajdonságú sémával közelítettük:

$$\beta_{ij} \frac{\partial \alpha}{\partial x} \Big|_{ij} = \frac{\beta_{ij}}{8 \Delta x} \left\{ 3 \cdot \alpha_{i+1,j} + 2 \cdot \alpha_{ij} - 5 \cdot \alpha_{i-1,j} \right\}.$$

A közelítés előnye a másodrendű pontosságban rejlik. Számítástechnikailag kissé hátrányos viszont a séma *upstream* tulajdonsága.

A diffúziós tagokat centrális különbségekkel közelítettük.

### 3. Numerikus stabilitás, konvergencia és a trunkációs hiba

Az előző fejezetben leírt bonyolult rendszer esetében nehézséget jelent a rendszer stabilitásának és konvergenciájának a vizsgálata, mivel azt csak a Descartes-féle koordináta rendszerben tehetjük meg. Ezért alapfeltételként éltünk azzal, hogy a rendszer stabilitása és konvergenciája nem változik, ha azt nonsinguláris koordináta transzformációnak vetjük alá (Gary, 1973).

Lilly (1965) vizsgálata szerint, ha betartjuk a Courant – Friedrichs – Lewy féle stabilitási kritériumot, akkor az eljárás feltehetően stabilis. Ennek ellenére, a megfelelő időlépcsőt alkalmazva, az integrálás indításakor jelentős számítási instabilitások lépnek fel. Ez a jelenség az ún. *shocking effect* (induláskor a hegy lökésszerű hatása), amely csökkenthető, ill. kiküszöbölhető azáltal, ha az áramlási mezőben fokozatosan növeljük a hegy magasságát a tényleges méretig.

A divergencia egyenlet megoldása során további, a konvergenciával kapcsolatos problémák lépnek fel. Az alkalmazott iterációs módszerek lassan konvergálnak, és így a kezdeti kismértékű számítási instabilitások jelentősen felnövekedhetnek. Ezen hibák mértékének csökkentésére konvergencia gyorsító eljárást és gyenge szűrést alkalmaztunk. Teljes megoldást azonban csak egy direkt megoldási módszer (pl. Clark, 1977) alkalmazásától várhatunk, amelyet a jelenlegi számítógép-kapacitásunk nem tesz lehetővé.

A felszint követő koordinátarendszerbe történt transzformáció miatt a hegy felett a lejtéstől függő mértékű trunkációs hiba lép fel. (Egyenleteinkben az  $x$  szerinti deriváltak véges különbségi közelítéséhez azonos magasságbeli értékeket kell alkalmaznunk. Ezzel szemben számítási szintjeink a hegy felett nem vízszintesek. Ez a forrása a trunkációs hibának.) Kiküszöbölésére az alábbi, centrális sémára bemutatott eljárást alkalmaztuk.

*Sík felszín* esetén az  $(i, j)$  rácspontban a derivált közelítése:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x} \Big|_{i,j} = \frac{\alpha_{i+1,j} - \alpha_{i-1,j}}{2 \Delta x}$$

*Hegy* esetén legyen ugyanezen derivált közelítése a következő:

$$\left. \frac{\partial \alpha}{\partial x} \right|_{ij} = \frac{\left[ \alpha_{i+1,j} + \frac{\partial \alpha}{\partial z} \Big|_{i+1,j} \cdot \Delta z_{i+1,j} \right] - \left[ \alpha_{i-1,j} + \frac{\partial \alpha}{\partial z} \Big|_{i-1,j} \cdot \Delta z_{i-1,j} \right]}{2 \Delta x}$$

ahol  $\alpha_{i,j}$  – tetszőleges változó értéke az  $(i, j)$  rácspontban,

$\Delta x$  – az  $x$  irányú rácstávolság,

$\Delta z$  – az indexek által meghatározott rácspont előjeles távolsága az  $(i, j)$  rácsponton áthaladó vízszintestől.

#### 4. Kezdeti és határfeltételek

**4.1 Kezdeti feltételek.** A kezdeti feltételeket a tanulmány II. részében részletezett, horizontálisan homogén modell szolgáltatja. Az ott leírt modellt megfelelő kezdeti- és határfeltételekkel megoldva kapjuk a jelen vizsgálathoz szükséges kezdeti feltételeket; a horizontális szélességek vertikális profilját és a potenciális hőmérséklet vertikális profilját. Szükséges még a vertikális szélesség és a nyomásfluktuáció kezdeti értékének megadása is. Feltételezzük, hogy ezen perturbációs mezők értéke a stabilis alapállapotban zérus.

**4.2 Határfeltételek.** Az alkalmazott transzformáció eredményeként az alsó határfeltételek könnyen megadhatók: A sebességek a  $\xi \sim 1$  helyen:  $u = v = w = 0$ , a nyomásfluktuáció:  $p' = 0$ .

A potenciális hőmérséklet: ha nincs felszíni melegedés  $\Theta = 0$ , ha van felszíni melegedés:

$$\Theta(\xi = 1) = \bar{\Theta}(z_0) + 1/(7 - 4 \cdot h(x)/h_{\max}) \cdot S(x) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{T}{24}\right)$$

ahol  $\bar{\Theta}(z_0)$  – a kezdeti potenciális hőmérsékleti gradiens segítségével a  $z_0$  szintre meghatározott hőmérséklet;

$h_{\max}$  – a hegy maximális magassága; m,

$S(x)$  – olyan függvény, amely a melegedés szimmetriáját vagy aszimmetriáját jellemzi. Ha a felmelegedés szimmetrikus, akkor  $S(x) = 1$ , ellenkező esetben a hegy horizontális és vertikális kiterjedésétől függő aszimmetrikus függvény.

A turbulens diffúziós együtthatók értéke is zérus.

A felszínközeli réteg parametrizálását *Waballum (1978)* javaslata alapján végeztük el. Az eljárás lényege a vertikális deriváltak megfelelő korrekciója az első számítási szintben. A korrekció az állandó fluxus feltételezésén alapul.

A felső határon,  $\xi = 0$ -nál biztosítani kívántuk a vertikálisan terjedő hullámok visszaverődésmentes, szabad áthaladását. Ezért feltettük, hogy

$$u = v = 0; \quad \frac{\partial \omega}{\partial \xi} = \frac{\partial p'}{\partial \xi} = \frac{\partial \Theta'}{\partial \xi} = 0;$$

A diffúziós együtthatókat állandó értéken rögzítettük. Az áramlás felőli oldalon oldalsó határfeltételként a kezdeti állapotot rögzítettük, azaz

$$u = u(\xi); \quad v = v(\xi); \quad F = F(\xi); \quad p' = \omega = 0.$$

A diffúziós együtthatók vertikális profilját is rögzítettük.

Az alkalmazott határfeltételek mellett az áramlás felőli oldalon nem léptek fel számottevő számítási instabilitások. Ugyanakkor *Clark (1977)* a  $2 \Delta x$  hul-

lámhosszúságú számítási instabilitások kialakulását tapasztalta hasonló jellegű modellszámításaiban. Az eltérés feltehetően az eltérő kezdeti feltételekből adódik.

A kiáramlási oldalon a határfeltételek miatt kialakuló „visszavert” hullámok csökkentésére a *Tapp és White (1976)* által alkalmazott mesterséges szűrést alkalmaztuk: a szélső három rácspontban a horizontális diffúziós koefficiensek értékeit háromszorosára növeltük. A határfeltételek pedig:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial p'}{\partial x} = \frac{\partial \Theta}{\partial x} = \frac{\partial K}{\partial x} = 0.$$

### 5. A kinetikus energia és a tömegáram a modellben

Számításaink szempontjából különös jelentősége van a kinetikus energia időbeli változásának. Ugyanis ebből a modell stabilitására, ill. az alkalmazott numerikus módszer jóságára tudunk következtetéseket levonni. Hasonlóan fontos közvetett információkat nyerhetünk a modellre és az alkalmazott határfeltételekre, ha a tömegáram időbeli változását vizsgáljuk.

Előállítottunk az (1.1)–(1.3) egyenletekből az energia és a tömegáram (impulzus) időbeli változását:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} = & \frac{\partial}{\partial t} \left[ \bar{\rho} (u^2 + v^2 + \omega^2) \right] = -\bar{\rho} \left\{ u \left[ u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial x} + \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} \right] - \right. \\ & \left. - \omega \left[ u \frac{\partial u}{\partial \xi} + v \frac{\partial v}{\partial \xi} + \omega \frac{\partial \omega}{\partial \xi} \right] \right\} + \bar{\rho} f \left[ v U_g - u V_g \right] + \\ & + \left[ \frac{2\omega^2 u \bar{\rho}}{H-h} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\pi}{2} \bar{\rho} \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{2} \xi \right) \omega^3 \right] - \left[ u \frac{\partial p'}{\partial x} + \frac{1}{J^2} \omega \frac{\partial p'}{\partial \xi} \right] + \\ & + \bar{\rho} \omega \frac{\Theta'}{J\Theta} g + \bar{\rho} \left[ u F_x + v F_y + \omega F_\xi \right], \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial I}{\partial t} = & \frac{\partial}{\partial t} \left[ \bar{\rho} (u + v + \omega) \right] = -\bar{\rho} \left[ u \frac{\partial u}{\partial x} + u \frac{\partial v}{\partial x} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + \omega \frac{\partial u}{\partial \xi} + \omega \frac{\partial v}{\partial \xi} + \right. \\ & \left. + \omega \frac{\partial \omega}{\partial \xi} \right] - \bar{\rho} f \left[ V_g - U_g + u - v \right] + \frac{2\omega u \bar{\rho}}{H-h} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\pi}{2} \bar{\rho} \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{2} \xi \right) \omega^2 - \\ & - \frac{\partial p'}{\partial x} - \frac{1}{J^2} \frac{\partial p'}{\partial \xi} + \bar{\rho} g \frac{\Theta'}{J\Theta} + \bar{\rho} \left[ F_x + F_y + F_\xi \right], \end{aligned} \quad (5.2)$$

ahol a szokásos jelöléseket alkalmaztuk.  $F_x$ ;  $F_y$ ;  $F_\xi$  rendre a megfelelő irányokhoz tartozó súrlódási erőt jelentik.

A kinetikus energia változását az (5.1) egyenlet jobboldalának felhasználásával határoztuk meg, mert megvizsgáltuk az egyes tagoknak a teljes összeghez való hozzájárulását is. Az egyes tagok jelentése rendre a következő: energia advekción, az átlagos nyomási gradiens által végzett munka; a koordináta transzformációból adódó energia produkción; a nyomás fluktuáció-gradi-

ens által végzett munka; a potenciális energia kinetikus energiává történő átalakulása; a diffúziós energiaszállítás, ill. disszipáció.

A tömegáram megváltozását az (5.2) egyenlet baloldala alapján határoztuk meg, közvetlenül az időszerinti változások felhasználásával.

Számításaink során előállítottuk az egész vizsgált területre vonatkozó energia és tömegáram megváltozásának összegét, azaz a

$$\Delta E = \iint_{x \xi} \frac{\partial E}{\partial t} dx d\xi, \quad \text{ill. } \Delta I = \iint_{x \xi} \frac{\partial I}{\partial t} dx d\xi$$

értékeket.

## 6. Az eredmények értékelése

6.1. *A megfigyelési eredmények összegzése.* Az általunk ismert mérések alapján rövid jellemzést adunk a hegyek körül kialakult áramlási képről. Lényegében két eltérő állapotról beszélhetünk:

a) A hegy távolabbi körzetében uralkodó nagyskálájú meteorológiai folyamatot erős szél jellemzi. Ebben az esetben a hegy mint az áramlást módosító közeg lép fel.

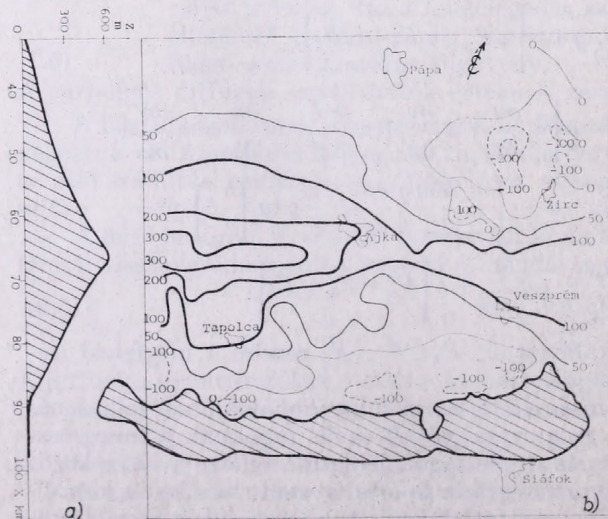
b) Nincs jelentős nagytérségű légáramlás. Ekkor a hegy hatására kialakul az ún. *lejtőszél*.

A két típust eltérő szél- és hőmérséklet-mező jellemzi. Tekintsük először az a) típus tulajdonságait *Vergeiner és Lilly (1970)* nyomán:

I. A lejtő szélfelőli oldalán feláramlás tapasztalható.

II. A lejtő szélalatti oldalán két áramlási típus alakulhat ki. Az egyik típus egy rendezett hullámmás, az ún. *lee hullámok*, amelyeket kisebb-nagyobb csillapítás jellemez. A másik típus a *hegyrinc* közelében a lee oldalon kialakuló hirtelen sebességváltozás, az ún. *hydraulic jump*. A valóságban a két típus általában keveredik.

Mindkét jelenség erős vertikális áramlással jár, amely fölfelé és lefelé egyaránt irányulhat.



1. ábra: a) A modell-hegy vertikális metszete, b) a Bakony és a Balaton-felvidék, valamint a modell-hegy magasságbeli eltérése

III. A lee oldalon a hőmérsékleti mezőben is a II-ben leírt áramlási mezőhöz formájukban hasonló hullámvázis vagy szakadás jön létre.

A *b)* típus jellemzését *Gal-Chen és Sommerville (1976)* alapján adjuk meg:

I. A talaj közelében az áramlás a lejtő mentén történik, jelentős vertikális sebességekkel. A potenciális hőmérséklet alapállapottól való eltérése a lejtőn fölfelé csökken.

II. A hegy lábainál néha másodlagos cirkuláció (örvény) alakul ki.

III. A stabilis légkörben az alsó légréteg időnként labilizálódik. Az instabilis réteg vastagsága a lejtőn fölfelé haladva növekszik.

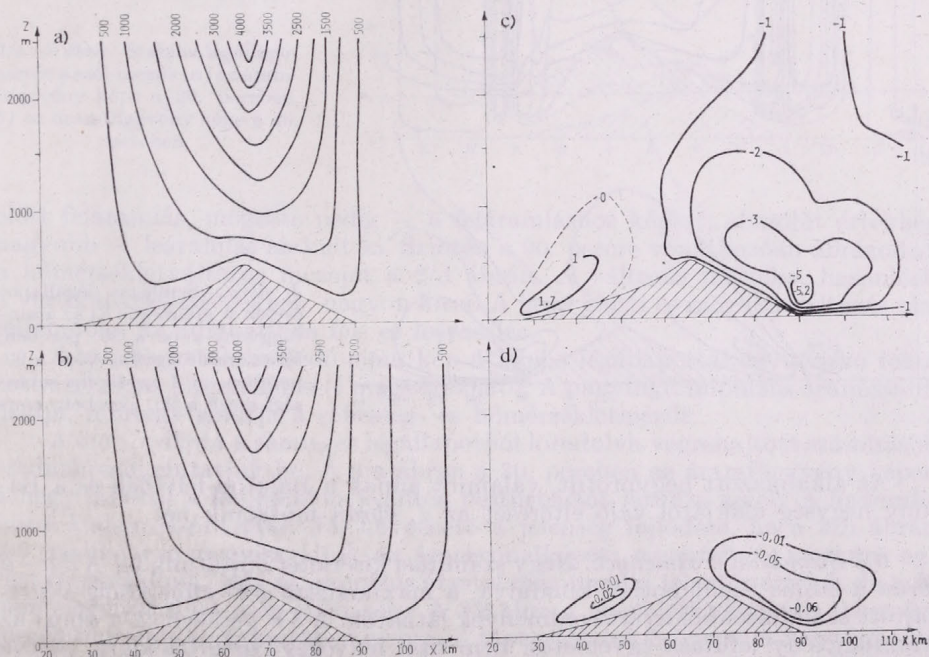
**6.2 Számítási feltételek.** Kísérleti számításainkat, a 6.1. pontban ismertetett felosztásnak megfelelően, két típusba soroltuk. Az egyik típusban a felszíni hőmérsékletet állandó értéken tartottuk, de változtattuk a légkör vertikális hőmérsékleti gradiensét. Ekkor viszonylag erős alapáramlást tételeztünk fel. A második számítási sorozatban a hőmérsékleti profilt tartottuk állandó értéken és a felszíni hőmérsékletet változtattuk.

Az alkalmazott hőmérsékleti gradiensek a következők:

labilis	— $\partial\theta/\partial z$	= -0,003 °C/m
semleges	— $\partial\theta/\partial z$	= 0 °C/m
stabilis	— $\partial\theta/\partial z$	= 0,003 °C/m

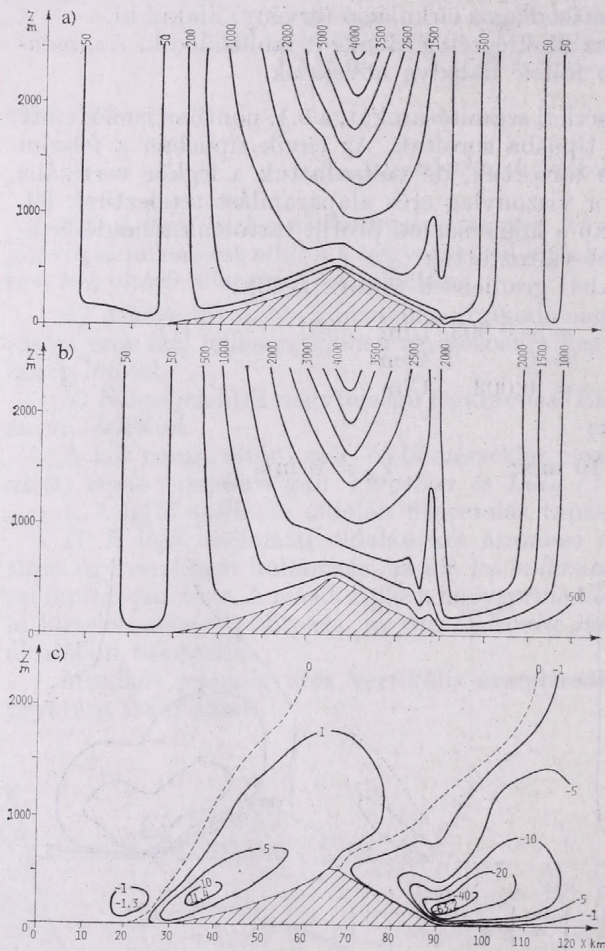
A geosztrofikus szélességek:

$$U_g = 10 \text{ m/s}; \quad V_g = 0 \text{ m/s}$$



2. ábra: Labilis légállapot esetén a szél és a hőmérsékleti mezők: *a)* az áramfüggvény képe a 30. percben, *b)* az áramfüggvény képe a 90. percben, *c)* a vertikális sebességi mező a 90. percben, cm/s, *d)* a hőmérsékletváltozás értéke a 90. percben, fok

A Courant – Friedrichs – Lewy stabilitási kritérium alapján az időlépcsőt  $\Delta t = 10$  s-nak választottuk. Az alkalmazott  $x$  irányú rácstávolság  $\Delta x = 2500$  m. A számításba bevont légréteg vastagsága  $H = 2500$  m. Ezt a réteget 12 számítási szintre osztottuk fel. A hegy „felnövelését” 20 időlépcső alatt végeztük el.

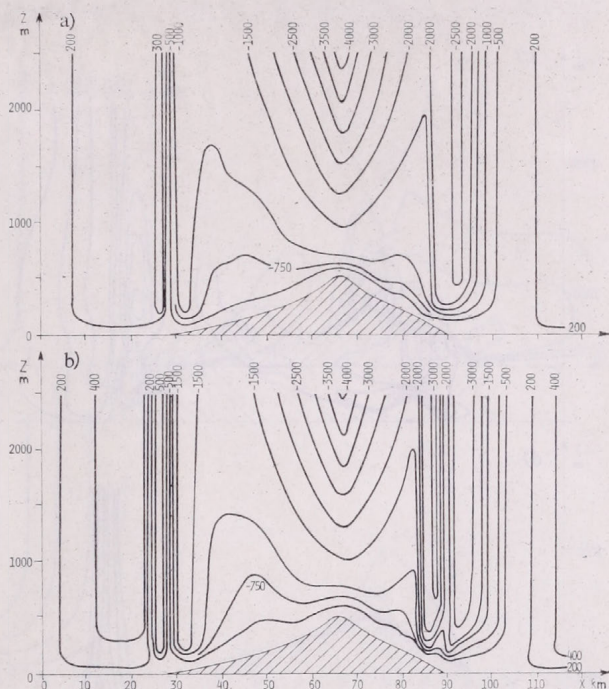


3. ábra: Semleges légállapot esetén a szélmező: a) az áramfüggvény képe a 30. percben, b) az áramfüggvény képe a 90. percben, c) a vertikális sebességi mező a 90. percben, cm/s

Az alkalmazott hegyprofil, valamint annak a Balaton-felvidék és a Bakony hegység alakjától való eltérését az 1. ábrán mutatjuk be.

**6.3 Számítási eredmények.** Négy számítási kísérletet mutatunk be. A 2/a – d ábrán a labilis légállapotból kiindulva, a maximálisan 540 időlépcsőig végrehajtott számításokból nyert eredmények láthatók. A 30. percben (2/a ábra) az áramfüggvény lefutása egyenletes, nem utal lényeges perturbációkra, illetve számítási instabilitásokra. A hegy előtt és mögött kialakult nagyobb áramfüggvény változásokból és görbületekből jelentősebb horizontális és vertikális sebességváltozásokra következtethetünk. A 2/b ábrán a 90. percben kapott

értékeket mutatjuk be. A két állapot között a változás mértéke kicsi. Az ábrák jellege nagyon hasonló, bár a hegy áramlásmódosító hatása fokozatosan kiterjedt a szél alatti oldal határáig. Az alkalmazott határfeltételek helyességét bizonyítja, hogy nem léptek fel észlelhető méretű zavarok. A 2/c ábrán külön bemutatjuk a vertikális sebességmezőt. A tapasztalatokkal összhangban a hegy



4/a – b ábra : Stabilis légállapot esetén a szél-mezők: a) az áramfüggvény képe a 30. percben, b) az áramfüggvény képe a 40. percben

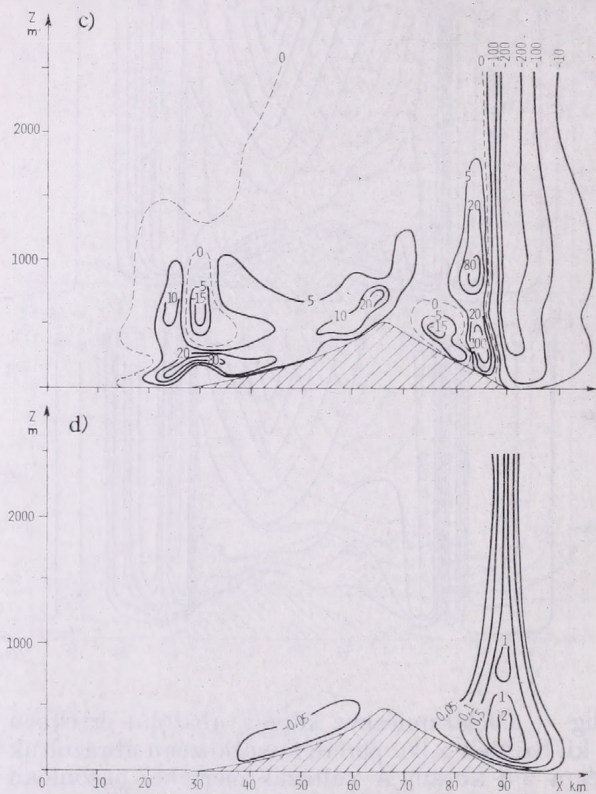
előtt feláramlás, mögötte pedig – a feláramláshoz képest, abszolút értékben nagyobb – leáramlás alakult ki. Szintén a 90. percre vonatkozóan ábrázoltuk a hőmérsékletváltozás mezejét a 2/d ábrán. A változás mértéke, hasonlóan a vertikális sebességekhez, nagyon kicsi. A hegy előtti és mögötti változás oka feltehetően az adiabatikus fel- és leáramlás.

A gyorsan stabilizálódó sima kép a labilis légállapottal együttjáró fokozott turbulens kicserélődéssel magyarázható. A nagyfokú impulzus áram stabilizálja, mintegy simítja a sebesség- és hőmérsékletmezőt.

A 3/a – c ábrán a semleges légállapotból kiindulva végrehajtott számítások eredményeit mutatjuk be. A 3/a ábrán a 30. percben az áramfüggvény képen a hegy lábánál a lee oldalon jelentős perturbációt látunk, amely a *hydraulic jump* kialakulására utal. Jól követhető a jelenség fejlődése, ha a 3/b ábrán (90. percben) is megvizsgáljuk az áramvonalképet: egyértelmű, markáns ugrást tapasztalunk. Bár az impulzus átvitel még mindig jelentős értékű, de már nem elegendő a jelenség elfedésére. A 3/c ábra a megfelelő vertikális sebességi mezőt mutatja, jó egyezésben a mérési tapasztalatokkal, azaz a hegy mögötti jelentős leáramlást észlelünk.

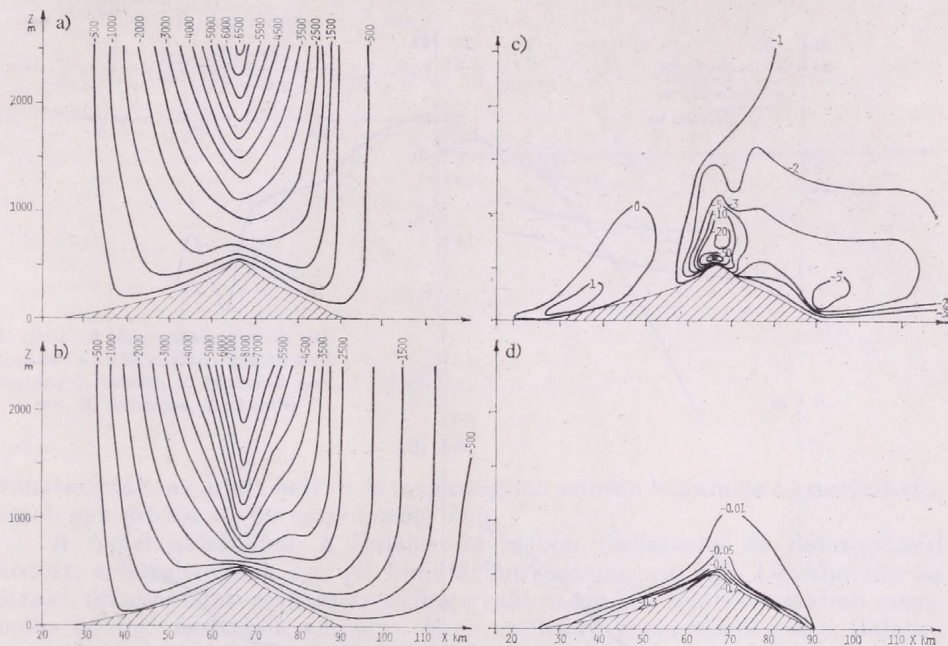
Különösen érdekes eredményeket szolgáltatott a 4/a – d ábrán bemutatott, stabilis légállapotból kiinduló számítás. A 30. percben (4/a ábra) a hegy-

nek mind a szél felőli, mind a szél alatti oldalán erősen perturbált az áramfüggvény kép. Jelentős vertikális és horizontális szélesség-változások lépnek fel. A 4/b ábra a 40. perc eredményeit mutatja be. A megoldás instabilissá vált, az áramfüggvény képe különösen a szélalatti oldalon nagyon erős változásokat mutat. A hegy lábánál másodlagos cirkulációk alakultak ki. Ezek a határfel-tétel következményei is lehetnek, bár néha a valóságban is hasonló jelenség



kánsabbá válik (2/b és 5/b ábra), a hegytetőn kialakuló cirkulációs cella miatt. Az 5/c ábrán bemutatjuk a vertikális sebesség mezejét. Az erős alapáramlás következtében ( $U_g = 10$  m/s) a hegy fölötti lehűlt légréteg „eltolódik” (5/d ábra). Így a hegy szél alatti oldalán a stabilizálódás mértéke (a légréteg vastagsága) nagyobb, mint a szél felőli oldalon.

A 6/a–d ábrán a modellszámítások során fellépő kinetikus energia válto-

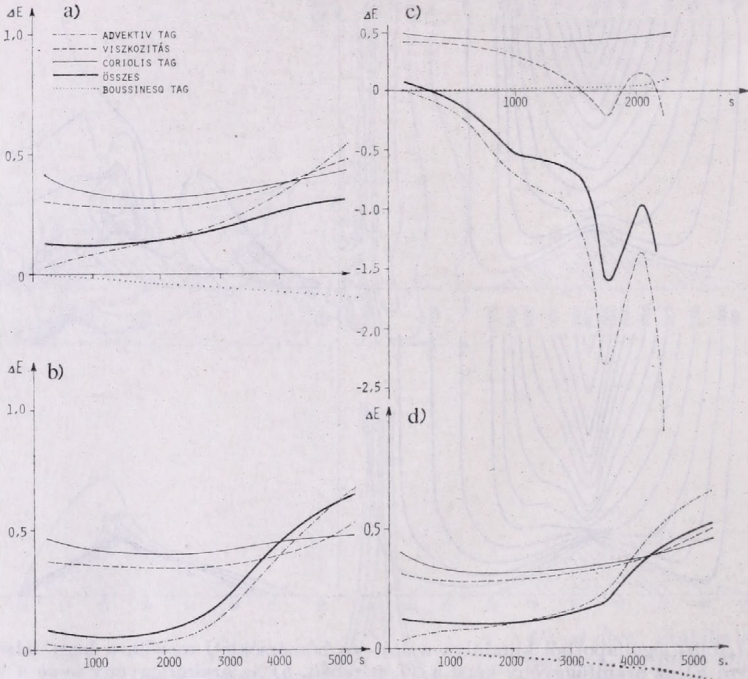


5. ábra: Labilis légállapotból kiindulva a szél- és hőmérsékleti mezők, a hegy felszínén hűlést feltételezve: a) az áramfüggvény képe a 30. percben, b) az áramfüggvény képe a 90. percben, c) a vertikális sebességi mező a 90. percben, em/s, d) a hőmérséklet változás értéke a 90. percben, fok

zását tüntetjük fel. Ez lehetőséget nyújt a kapott eredmények megbízhatóságának vizsgálatára, ugyanis a stabilis számítási eredményeknek az a feltétele, hogy az energiaváltozás korlátozott mértékű legyen, illetve optimális esetben stabilizálódják. A labilis légállapotból kiinduló számítások kinetikus energia viszonyait szemléltetjük a 6/a ábrán. Az össz-energia változás gyenge emelkedése még lehetőséget ad (mint azt a 2/a–d ábrán látjuk), egy stabilis állapot kialakulására. Mindenesetre az a tény, hogy ha lassan is, de növekszik az energia változása, figyelmeztet az alkalmazott véges különbségi megoldási módszer korlátaira. A 6/b ábra a semleges légköri állapotból kiinduló számítások kinetikus energia vizsgálatát mutatja be. A változás mértékének határozott növekedése összhangban van a 3/a–d ábrán bemutatott hidraulikus ugrás kialakulásával. A stabilis légállapotból kiinduló számítások során fellépő számítási instabilitásoknak a kinetikus energia változást erősítő hatását látjuk a 6/c ábrán. Különösen szembevetendő a feltehetően numerikus okokra visszavezethető energetikai inkonzisztencia. A termikus hatások következtében a kinetikus

energia változás növekszik, mint azt a 6/d és 6/a ábra összehasonlításából látjuk.

A 7. ábrán a különböző számítások tömegáram (impulzus) változását vizsgáltuk. Megállapítható, hogy határfeltételeink eleget tettek azon követelményeknek, hogy a határokon tükrözés, visszaverődés ne lépjen fel. Ugyanekkor a fentiek következtében rendszerünkben tömegvesztés lép fel. Ennek mértékét mutatja a 7. ábrán levő görbék idő szerinti integrálja. A stabilis állapotot nem



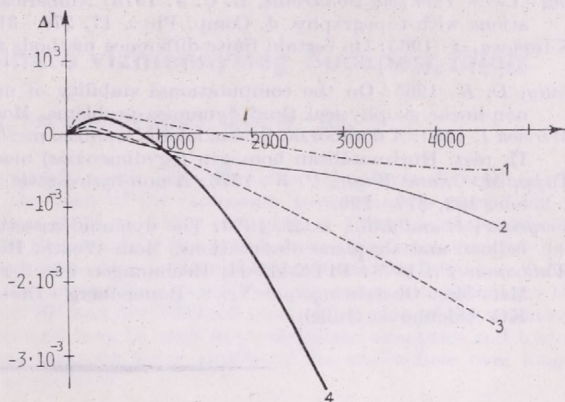
6. ábra: A kinetikus energia változásának menete: a) Labilis kiindulási alap esetén, b) semleges kiindulási állapot esetén, c) stabilis kiindulási állapot esetén, d) a felszíni hőmérséklet változása esetén

tekintve, a veszteség mértéke, az egész vizsgált időre vonatkoztatva, nem haladja meg az össztömeg néhány százalékát. Ezért mind eredményeinket, mind az ehhez vezető matematikai módszereket még kielégítőnek tartjuk.

6.4. A megfigyelések és a számítások összevetése. A megelőző kvalitatív ellenőrzésen túlmenően megkíséreltük számításaink kvantitatív értékelését is. A tényleges kvantitatív ellenőrzésre nincs lehetőség, mert az irodalomban nem ismeretesek a jelen, lokális méretű jelenségekre vonatkozó részletes mérések. Léteznek viszont olyan (pl. hazai) mérések is, amelyek egy adott terület sajátosságos meteorológiai körülményeinek feltárására irányultak. Modellünk által nyert eredményeket ilyen jellegű mérésekkel vetettük össze. 1950-es években a Balaton-felvidéken meteorológiai mérési sorozatot hajtottak végre, amelynek eredményei Béli és Takács szerkesztésében (1974) kerültek publikálásra. A közölt adatok nem a teljes szél- és hőmérsékleti mezőre vonatkoznak, hanem csak

néhány magassági szélmerést és sok klimatológiai adatot tartalmaznak. A környezet sem tekinthető a Balatonnal párhuzamos irányban homogénnek, mint azt az 1. ábra mutatja.

Sugárzási napokon, Alsóörs térségében a mérések szerint a parttól 2–3 km távolságban a vízfelszín fölött 700–1200 m magasságban 0,1–0,6 m/s leáramlást tapasztaltak, (*Béll és Takács, 1974, 116. old.*). Ha összehasonlítjuk a fenti adatokat a 2/c és 3/c ábrával, amelyek labilis, ill. semleges légrétegződésre



7. ábra: A tömegáram időbeli változása a különböző számítások esetén: 1. labilis, 2. hőforrás esetén, 3. semleges, 4. stabilis

vonatkoznak, az adott helyen és magasságban szintén leáramlás tapasztalható, amelynek értéke 1–60 cm/s között van.

A nyári időszakban a Balaton-felvidéken Badacsony és Balatonfüred között, a borultságnak egy jól kimutatható minimuma van. Ugyanakkor az északi, északnyugati szektor szeleinek gyakorisága is a nyári évszakban maximális (siófoki észlelések alapján). Ez a szélirány közel merőleges a Balaton hosszanti tengelyére és így a számítási feltételeink teljesülnek. Az északi szelek nagy gyakorisága és az így kialakuló lee hullámok alapján egyértelműnek látszik, hogy a hegy mögötti leáramlás felhőoszlató hatása okozza a felhőzeti minimumot, és a párhuzamosan jelentkező besugárzási maximumot. Ezek a megfigyelések és következtetések jól egyeznek a 2/c és 3/c ábrán látható jelentősebb leáramlási területekkel, és így közvetett bizonyítékot szolgáltatnak számításaink helyességére.

### Következtetések

A bemutatott számítások kvalitatíve jó egyezést mutatnak az eddigi mérési tapasztalatokkal. A modell kinetikus energia változásának vizsgálatában jól tükröződik az a tény, hogy az alkalmazott numerikus séma nem energia konzisztens. Ugyanakkor megnyugtató, hogy a stabilis légállapottól eltérően a modell energetikai viszonyai mégis kielégítőek. *Clark (1976)* számításaival összehasonlítva kedvező következtetésekre juthatunk. Modellünk adott határok közötti alkalmazhatóságát a megfelelő tömegáram-számítások is igazolják.

Végezetül, megítélésünk szerint, a modell alkalmas a háromdimenziósra történő kiterjesztésre, továbbfejlesztésre, figyelembe véve néhány szükséges matematikai módosítást, amelyek a nagyobb numerikus stabilitást, a gyorsabb konvergenciát, a fokozottabb energia- és tömegmegőrzést szolgálják.

- Béll B. és Takács L. 1974: A Balaton éghajlata. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai XL. kötet. Budapest
- Clark, T. L. 1977: A small-scale dynamic model using a terrain-following coordinate transformation. *J. of Comp. Phys.* 24, 186–215.
- Clark, T. L. and Peltier, W. R. 1977: On the evolution and stability of finite-amplitude mountain waves. *J. Atm. Sci.* 34, 1715–1730.
- Fischer, G. 1965: A survey of finite-difference approximations to the primitive equations. *Mon. Weath. Rev.* 93, 1–10.
- Gal-Chem Tzvi and Somerville, R. C. J. 1975: Numerical solution of the Navier–Stokes equations with topography. *J. Comp. Phys.* 17, 276–310.
- Kasahava, A. 1965: On certain finite-difference methods for fluid dynamics. *Mon. Weath. Rev.* 93, 27–31.
- Lilly, D. K. 1965: On the computational stability of numerical solutions of time dependent non-linear geophysical fluid dynamics problems. *Mon. Weath. Rev.* 93, 11–26.
- Mersich I. 1980: A domborzat hatása lokális áramlási mezőre. I. rész. A modellegyenletek leírása. II. rész. Horizontálisan homogén (egydimenziós) modell. *Időjárás.* 84, 348–365.
- Tapp, M. C. and White, P. W. 1976: A non-hydrostatic mesoscale model. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 102, 277–296.
- Vergeiner, I. and Lilly, D. K. 1970: The dynamic structure of lee-wave flow as obtained from balloon and air plane observations. *Mon. Weath. Rev.* 98, 220–238.
- Wallbaum, F., 1978: FITNAH II. Rechnungen mit der eindimensionalen Version. Vorhaben Met. Sim. Oberheingebiet Nr. 9. Bonnenberg+Drescher Ingenieurgesellschaft mbH+CO. KG Aldenhoven/Jülich
-

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 85. évf. 2. szám. 1981. március–április  
*Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 2. Mar–Apr 1981. Budapest*

## A potenciálisan kihullható vízmennyiség Budapest fölött

CSEH SÁNDOR, Tanítóképző Főiskola, Győr, Pf.: 204.

*A study of the potential precipitable water over Budapest.* The autor determined the potential precipitable water on the basis of the radiosonde measurements carried out at Budapest during the 5 years from 1971 to 1975, and gives a climatological-statistical description of this parameter. The 5-year data series, which comprises 4 soundings per day, reflects well the vertical distribution, the daily and annual course and the frequency values of potential precipitable water. The characteristics of this parameter determined for the four layers 850/1000, 700/850, 500/700 and 500/1000 mb give a good view of the variations of the atmospheric water content and may be used in precipitation synoptics and hydro-meteorology. The results confirm that the water supply of the atmosphere over longer time periods may be regarded as constant.

\*

*A potenciálisan kihullható vízmennyiség Budapest fölött.* A szerző a potenciálisan kihullható vízmennyiséget budapesti, 5 évi (1971–1975) rádiószondás mérések alapján határozta meg, majd e paraméterről éghajlati jellegű statisztikai leírást ad. Az 5 évi adatsor, amely napi 4 légállapotmérést foglal magában, jól tükrözi a potenciálisan kihullható vízmennyiség magasság szerinti eloszlását, napi és évi menetét, gyakorisági értékeit. A szóbanforgó paraméter négy légrétegre (850/1000, 700/850, 500/700, 500/1000 mbar) meghatározott jellemzői jó áttekintést adnak a légköri vízkészlet alakulásáról és felhasználhatók csapadékszoptikai, hidrometeorológiai célokra. A kapott eredmények alátámasztják azt a megállapítást, hogy a légkör vízkészlete hosszabb időszakra állandónak tekinthető.

\*

A rendszeres meteorológiai megfigyelések és magaslégtérbeli mérések lehetővé tették az alapvető meteorológiai elemek éghajlati feldolgozását. Az éghajlati jellegű statisztikai feldolgozások elengedhetetlenül szükségesek a speciális időjárás helyzetek (pl. ciklonális-anticiklonális helyzet, hideg-meleg betörések, felsiklások, nagy csapadékmennyiség stb.) vizsgálatához.

A légkörben rendelkezésre álló potenciálisan kihullható vízmennyiség alapvető légtömeg-tulajdonság. Az utóbbi években végzett kutatások ugyanis azt bizonyítják, hogy e karakterisztika szinoptikus elemzése nagy segítséget nyújthat a csapadékot okozó objektumok felderítéséhez, elemzéséhez. A potenciálisan kihullható vízmennyiséget, mint paramétert főleg csapadék-előrejelzési és hidrometeorológiai módszerek, modellek kidolgozásánál használják fel (*Bodolainé J. E. 1975, Bodolainé J. E., 1976*).

A potenciálisan kihullható vízmennyiségen az egységnyi légoszlopban levő vízgőz mennyiségét értjük. Tekintsünk egy  $Z$  magasságú, egységnyi alapterületű légoszlopot, amelyben a levegő sűrűsége  $\rho_w$  akkor  $W_z$  a kihullható vízmennyiség, ahol  $z$  a légoszlop magasságára utal:

$$W_z = \int_0^z \varrho_w dz$$

a hidrosztatika alapegyenletéből  $dz = -\frac{1}{\varrho g} dp$  és így

$$W_{p_1}^{p_2} = -\frac{1}{g} \int_{p_1}^{p_2} \frac{\varrho_w}{\varrho} dp, \quad \text{de } \frac{\varrho_w}{\varrho} = q$$

ahol  $q$  a specifikus nedvesség,

$p_1$  a légoszlop alján levő nyomás,

$p_2$  a légoszlop tetején levő nyomás,

$\varrho$  a nehézségi gyorsulás.

Az adatok megfelelő mértékegységben történő behelyettesítésével a kihullható víz mennyisége  $g$ -ban adódik, amely mm-be átszámítható.

A légkör felső határáig a kihullható vízmennyiség  $w_p$  (a  $w_p$  jelölés az irodalomban általánosan elfogadott az angol *precipitable water* terminológiából)

$$(p_1 = p_0, \quad p_2 = 0) \quad W_{p_0}^0 = -\int_{p_0}^0 q dp$$

C. I. Szivkova a potenciálisan kihullható vízmennyiség meghatározására a  $W_{p_0}^0 = 3,8 e_0^{2/3}$  empirikus formulát dolgozta ki, ahol  $e_0$  a talajmenti gőznyomás értékét jelenti.

#### A feldolgozás módszere, adatanyaga

A feldolgozás során a budapesti magaslégköri rádiószondás mérések adatait 1971-től 1975-ig használtuk fel. Ezen időszakban 00, 06, 12, 18 GMT-kor végeztek méréseket. A mérésekből megvan a különböző szintekben a hőmérséklet ( $T$ ) és a harmatpontdepresszió ( $T_d$ ) megfelelő értéke, amelyből  $T - T_d = \tau$  felhasználásával kaphatjuk a harmatpontot ( $\tau$ ). A harmatpontból nedves adiabatikus légkör föltételezésével a specifikus nedvesség értékeit a főzobárszintekre az 500 mbar-os szintig határoztuk meg, tekintve, hogy a felhő- és csapadék-képződés jelentős folyamatai az 500 mbar-os felületig játszódnak le. Mivel a specifikus nedvesség értékeit csak diszkrét helyeken ismerjük, ezért a potenciálisan kihullható vízmennyiség kiszámítására az alábbi közelítő formula használható:

$$W_{p_1}^p = \frac{1}{g} \frac{\sum_{L=1}^n q_i}{n} \cdot (p_1 - p_2),$$

ahol  $q_i$  az  $i$ -edik főzobárszinten a meghatározott specifikus nedvesség.

Ezen formula használata átlagosan 5%-os hibát okoz. Az ilyen nagyságrendű hiba eredményeinket számottevően nem hamisítja meg, mivel a mért meteorológiai elemek pontatlansága is ilyen mértékű. A formula pontossága javítható, ha a tekintett légoszlopot több rétegre bontjuk, és a rétegek potenciális vízmennyiségét a vizsgált légoszlopra összegezzük. A hiányzó adatokat nedves adiabatikus légkör föltételezésével pótoltuk. A feldolgozás statisztikai számításai az ELTE ODRA-1301 típusú számítógépén történtek.

## A potenciálisan kihullható vízmennyiség magasság szerinti eloszlása

A potenciálisan kihullható vízmennyiség vizsgálatakor az 500–1000 mbar-os légoszlopot 3 rétegre bontottuk (850/1000, 700/850, 500/700 mbar közötti réteg) és az 500/1000 mbar-os légoszlop kihullható vízmennyiségét 100%-nak tekintettük. Az 5 év átlaga alapján végzett számítások azt mutatják, hogy a 850/1000 mbar-os rétegben az 500/1000 mbar-os rétegre vonatkozó potenciálisan kihullható vízmennyiségnek kb. fele található (*I. táblázat*). Ezért a csapadék előrejelzésénél ezt a réteget kell legnagyobb súllyal figyelembe venni. Az eloszlás a fent megnevezett rétegekben állandónak tekinthető, hiszen az eltérés évenként egyik rétegben sem haladja meg az 1%-ot.

### I. TÁBLÁZAT

A potenciálisan kihullható vízmennyiség eloszlása az egyes rétegekben (%) (1971–1975)

Réteg (mbar)	900/1000	800/900	700/800	600/700	500/600
Eloszlás %	32,5	26,7	19,9	12,9	8
Eloszlás %	46,1		33,0		20,9

Részletesebb, 100 mbar-os nyomáskülönbségű rétegekre való felosztással az adódott, hogy a potenciálisan kihullható vízből a 600–500 mbar közötti rétegben már csak 8% helyezkedik el (*II. táblázat*). Ez alátámasztja azt a tényt, hogy a potenciálisan kihullható vízmennyiséget gyakorlati célokra cél 500 mbar-os szintig vizsgáljni. Hasonló jellegű megállapításokra jutunk, ha a potenciálisan kihullható víz mennyiségét az egyes rétegekben (*II. táblázat*) évenként tekintjük.

### II. TÁBLÁZAT

A potenciálisan kihullható vízmennyiség évi átlaga mm-ben az egyes rétegekben (1971–1975)

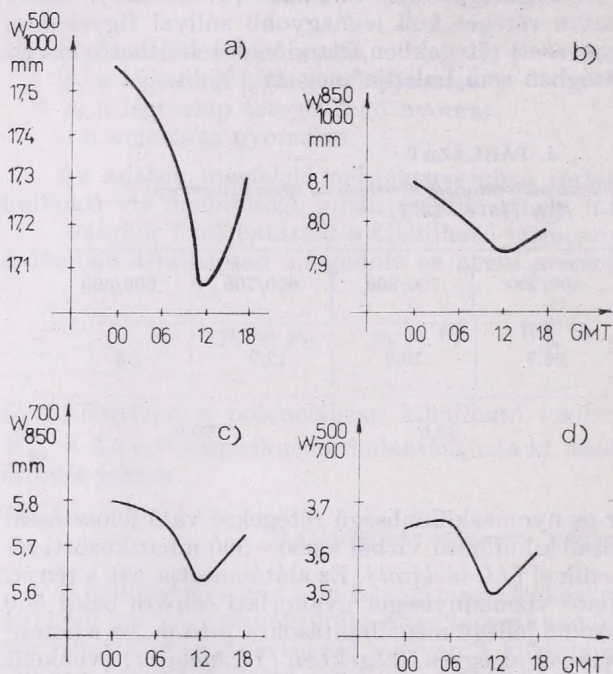
Év	1971	1972	1973	1974	1975	Átlag
Réteg 1000–500 mbar	16,7	17,75	16,75	17,4	17,9	17,3
1000–850 mbar	7,7	8,15	7,5	8,1	8,3	8,0
850–700 mbar	5,5	5,9	5,45	5,7	5,9	5,7
700–500 mbar	3,5	3,7	3,8	3,6	3,7	3,6

Megfigyelhető, hogy a rétegekben található kihullható vízmennyiségnek évi átlagai a középértéktől kb. +5%-os eltérést mutatnak, ilyen hibája mind a mérési módszereknek, mind pedig a számítási eljárásnak lehet. Ez az érv is igazolja azt a gyakran használt hidrometeorológiai föltételezést, hogy a légkör vízkészlete hosszabb időszakra állandónak tekinthető.

## A potenciálisan kihullható vízmennyiség napi járása

A napi menet kimutatása 5 év összesítése alapján, 7300 légállapot-mérésből történt. A nap folyamán lejátszódó kimutatott változások légtömegcsere-mentes napokra vonatkoznak (1., 2. ábra).

A potenciálisan kihullható vízmennyiség napi változását rétegenként is megvizsgáljuk. (100%-nak az 500–1000 mb-os réteg kihullható vízmennyiség

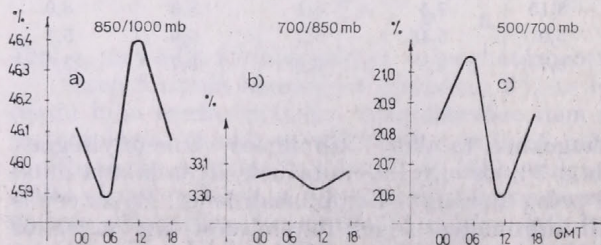


1. ábra: A potenciálisan kihullható vízmennyiség napi járása a) az 500/1000, b) a 850/1000, c) a 700/850, d) az 500/700 mb-os rétegben (Budapest, 1971–1975)

felel meg). Az 1. és 2. ábrán megfigyelt kismértékű változások a következőképpen magyarázhatók.

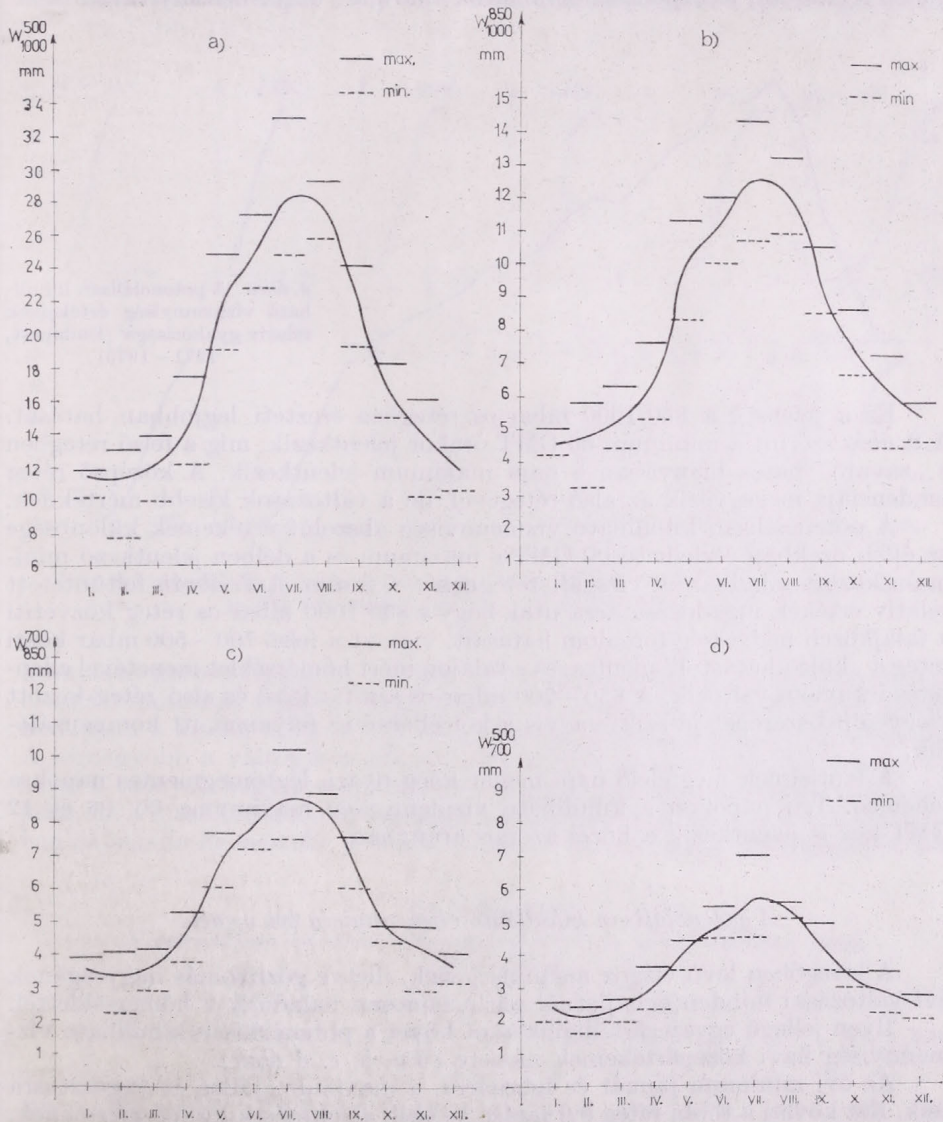
Tekintsünk egységnyi alapterületű  $Z$  magasságú ( $Z = \text{const}$ ) légoszlopot. A légoszlop és környezete között légtömegcsere, a légoszlopban feláramlás nem történik.

A potenciálisan kihullható vízmennyiség rétegenkénti abszolút értékeinek eloszlásában (1. ábra), 12 GMT-kor minimum található. A levegő a hőmérséklet emelkedése miatt ritkább lesz, kitágul; ezért a  $Z$  magasságú légoszlopból



2. ábra: A potenciálisan kihullható vízmennyiség értékeinek napi járása az 500/1000 mbar-os rétegre számított mennyiség %-ában eloszlásának a) a 850/1000, b) a 700/850, c) az 500/700 mbar-os rétegben (Budapest, 1971–1975)

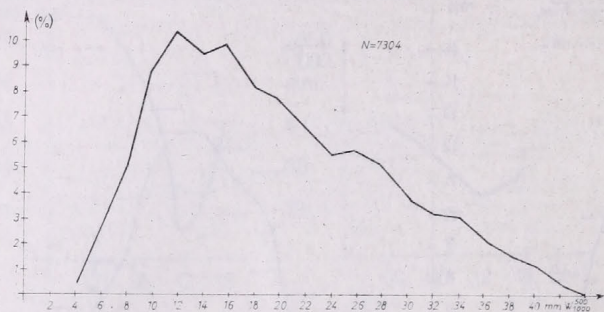
egy része kiszorul, amely vízgőzt is „viz” magával. Ezt a „hiányt” próbálja csökkenteni a Föld felszínéről történő párolgás. Ezt a föltevést igazolja a 2. ábra is, amelyen a potenciálisan kihullható vízmennyiség rétegenkénti értékeit az 500/1000 mbar-os rétegre számított érték %-ában fejeztük ki. A szóbanforgó relatív mennyiségek napi menetéből kitűnik, hogy a 850/1000 mbar-os rétegben az eloszlás 12 GMT órákor maximumot mutat, mert a párolgás ekkor e réteg kihullható vízmennyiségét növeli meg. A 700/850 és az 500/700 mbar-os



3. ábra: A potenciálisan kihullható vízmennyiség havi átlagainak, valamint maximális és minimális értékeinek éven belüli eloszlása: a) az 500/1000, b) a 850/1000, c) a 700/850, d) az 500/700 mbar-os rétegben (Budapest, 1971–1975)

rétegekben ugyanebben az időpontban az eloszlás minimumot mutat, tekintve, hogy e rétegekben a párolgás hatása nem érvényesül.

A hőmérséklet csökkenésével a levegő összehúzódik, „kívülről” beáramlás történik a Z magasságú légoszlopba és ezáltal a teljes oszlop kihullható vízmennyisége megnő. Mivel a hőmérsékleti minimum reggeli órákra esik, ezért a kihullható vízmennyiség maximumát a reggeli órákra várnánk. Az 1. ábra szerint azonban 00 GMT-órakor jelentkezik az 700/500 mbar-os réteg kivételével. 06 GMT-órakor a kihullható víz mennyiségének növekedését a Föld felszínén lejátszódó lecsapódási folyamatok (harmat, dér) ellensúlyozzák.



4. ábra: A potenciálisan kihullható vízmennyiség értékeinek relatív gyakorisága (Budapest, 1971 – 1975)

Ez a jelenség a 850/1000 mbar-os rétegben érzetteti legjobban hatását. A 2. ábra szerint a minimum 06 GMT órakor jelentkezik, míg a felső rétegben e „zavaró” hatás hiányában a napi maximum jelentkezik. A középső réteg tendenciája megegyezik az alsó rétegével, de a változások kisebb mértékűek.

A potenciálisan kihullható vízmennyiség abszolút értékeinek különbsége az éjjeli órákban észlelhető 00 GMT-s maximum és a délben jelentkező minimum között mindhárom vizsgált rétegben  $\sim 0,2$  mm. A 2. ábrán feltüntetett relatív értékek ingadozása arra utal, hogy a 850/1000 mbar-os réteg közvetíti a talajközeli nedvesség forgalom hatásait, viszont a felső 700 – 500 mbar közti réteg a „külső hatástól” mentes, és a talajon mért hőmérséklet menetével ellentétes irányban változik. A 850 – 700 mbar-os szint a felső és alsó réteg között kiegyenlítő szerepet játszik, vagyis a két ellentétes folyamat itt kompenzálódik.

A fentieknek megfelelő napi menet főleg nyári, légtömegmentes napokra jellemző. Téli napokon a kihullható vízmennyiség maximuma 00, 06 és 12 GMT-kor is jelentkezik a közel azonos arányban.

#### *A potenciálisan kihullható vízmennyiség évi menete*

A levegőben levő vízgőz mennyiségének, illetve gőznyomás nagyságának évi változásai minden éghajlatnál párhuzamosan haladnak a hőmérséklettel.

Ilyen jellegű egyszerű hullámalakot követ a potenciálisan kihullható vízmennyiség havi középértékeinek menete (3/a, b, c, d ábra).

Az évi minimum január és február, a maximum július és augusztusra esik. Ezt követi a többi réteg évi járása is, csak az eltérések kisebb mértékűek.

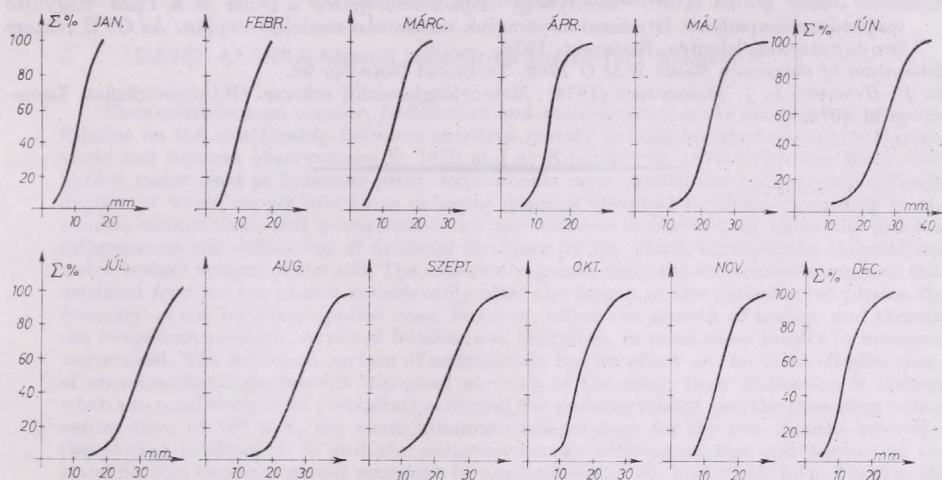
Az évi menet 00, 06, 18 GMT-kor hasonló görbéket eredményezett, mert a nap folyamán lejátszódó változások nem okoznak jelentős eltérést a napi átlagtól.

## A potenciálisan kihullható vízmennyiség értékeinek gyakorisági eloszlása

A potenciálisan kihullható vízmennyiség értékeinek relatív gyakorisága torzult eloszlást mutat (4. ábra).

Az a széles intervallum, amelyben a potenciálisan kihullható vízmennyiség értékei változnak, az évi ingás és a rövid időtartamú változások együttes fellépésének eredménye.

A potenciálisan kihullható vízmennyiség értékeinek ingadozásáról, eloszlásáról részletesebb képet nyújt az 5. ábra, ahol havonként a relatív gyakoriság



5. ábra: A potenciálisan kihullható vízmennyiség értékeinek havonkénti kumulatív eloszlása az 500/1000 mbar-os rétegben (Budapest, 1971 – 1975)

kumulatív görbéit láthatjuk, az 500/1000 mbar-os rétegben. Közelítőleg normál-eloszlást mutatnak a január, május, július, augusztus hónap görbéi, míg a többi hónapban a kisebb értékek felé átlagosan 1,8 mm-es eltolódást tapasztalunk. A legnagyobb a változékonyság a nyári és őszi hónapokban. Ez megegyezik azzal a ténnyel, hogy a csapadék és a párolgás fő maximuma május és július közé, ill. a másodmaximum szeptember, október hónapra esik. A téli hónapokban az ingadozás mértéke jelentősen kisebb, mert a légkör vízkészletének pót-

### III. TÁBLÁZAT

A potenciálisan kihullható vízmennyiség szélső  $\Delta_2^0$  értékei havonként (mm)  
(1971–1975)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Min	3,4	2,6	2,3	4,9	8,4	8,1	14,1	10,9	5,8	4,3	4,0	3,0
Max.	19,1	20,3	23,0	30,4	41,7	40,0	45,4	44,5	40,1	34,1	39,1	22,4
$\Delta_2^0$	5,6	7,6	7,6	6,4	7,4	10,8	12,0	11,4	12,0	9,5	8,4	6,8

lása a csapadék és párolgás évi menetének minimuma miatt csökkent. Ezeket támasztják alá a havonkénti kumulatív görbék deciliseinek ( $D_8 - D_2 = \Delta_8^2$ ) különbségei és a szélső értékek alakulása is (III. táblázat).

Ezen megállapítások a teljes 500/1000 mbar-os légoszlopra vonatkoznak, de hasonló jelleget mutatnak (szűkebb értékhatárok közt) az egyes rétegek gyakorisági értékei is.

#### IRODALOM

- Bodolainé Jakus Emma* (1975): Kritikus csapadékmennyiségek előrejelzése a Duna és Tisza vízgyűjtő területére. Az OVH részére benyújtott tud. jelentés, Budapest, 1975.
- Bodolainé Jakus Emma* (1976): Mennyiségi csapadékelőrejelzés a Duna és a Tisza vízgyűjtő területére a csapadékot létrehozó folyamatok találkozási modellje alapján. Az OVH részére benyújtott tud. jelentés, Budapest, 1976.
- Estimation of maximum floods WM O 1969*. Technical Note No 98.
- Sz. P. Hromov - L. I. Mamontova* (1974): Meteorologicseszkiy szlovar. Gidrometeoizdat, Leningrád 1974.
-

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 85. évf. 2. szám. 1981. március–április  
*Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 2. Mar–Apr 1981. Budapest*

## Összefüggés az időjárás, a műtrágyázás és a kukorica fejlődésének jellemzői között

DÁVID ARANKA Központi Légtérfizikai Intézet, 1675 Budapest, Pf. 39

*Connection between weather, fertilization and characteristics of the development of maize.*  
Studies on the relationship between nutritive matter utilization started in the Martonvásár and Szarvas observatories in 1970 and at Keszthely in 1972. With the MvSc-580 hybrid maize used as indicator plant, experiments were carried out by applying different degrees of water supply and three different doses of chemical fertilizer. According to our results, temperature and precipitation are the weather elements that exert the greatest influence on the utilization of artificial fertilizer by the plant, through the thermal and water budget system of the soil. The experience gained from the experiments suggests that artificial fertilization cannot considerably alter the length of the phenological phases. The quantity of the fertilizer applied does, however, affect the growth of leafage and thereby the evapotranspiration. Artificial fertilization, therefore, in most cases results in increased water need. The increased surface of assimilation has an effect on the yield. Higher doses of chemical fertilizer provide increased security of the crop; their utilization is optimal when the total amount of precipitation during the growing season and the preceding winter comes close to 700 mm, the mean minimum temperature for the two months preceding the sowing is about 4 °C and the radiation energy arriving at the unit surface of the stand in the ripening period amounts to approximately 30 kcal (126 kJ). Finally, the author analyzes the probability of occurrence of favourable conditions in the regions of the experimental sites using probability values calculated from long series of climatological elements.

\*

*Összefüggés az időjárás, a műtrágyázás és a kukorica fejlődésének jellemzői között.* A tápanyag hasznosulás és az időjárás közötti kapcsolatok feltárására irányuló kutatások a martonvásári és szarvasi obszervatóriumban 1970-ben, Keszthelyen pedig 1972-ben indultak. A kísérletekben jelzőnövényként az MvSc-580-as hibridkukoricát, különféle vizellátást és háromféle műtrágyadózist alkalmaztunk. Az eredmények szerint az időjárási elemek közül a hőmérséklet és a csapadék befolyásolja leginkább a műtrágya hasznosulását a talaj hő- és vízháztartási rendszerén keresztül. A kísérleti tapasztalatok szerint a műtrágyázással a fenológiai fázisok hossza számottevően nem változtatható. Befolyásolja azonban a műtrágya mennyisége a lombzat növekedését és ezen keresztül az evapotranspirációt. A műtrágyázás tehát az esetek többségében vizigény-növekedéssel jár. A megnövelt asszimilációs felület hat a termés mennyiségére. Magasabb műtrágyaszinteken nő a termésbiztonság, ám a nagy műtrágyaadag akkor érvényesül a legjobban, ha a tenyészidőszak és az azt megelőző tél csapadékösszege megközelíti a 700 mm-t, a vetést megelőző két hónap minimumhőmérsékletének közepe 4 °C körüli, az éresi időszakban pedig megközelítően 126 kJ sugárzási energia érkezik az állomány egységnyi (m<sup>2</sup>) felszínére. Végül a szerző az éghajlati elemek hosszú sorozatából számított valószínűségi értékek alapján elemzi a kedvező feltételek bekövetkezésének valószínűségét a kísérleti helyek körzetében.

\*

„Az időjárás és éghajlat hatása a műtrágya érvényesülésére” c. kutatási program fő célja a műtrágyaadagok éghajlat által megszabott felső határának, illetve optimális mennyiségének meghatározása hazánk különböző éghajlati körzeteire.

Nyilvánvaló azonban, hogy ugyanazon a talajfaján és egy adott éghajlati körzeten belül is más lesz az optimális műtrágyaszint egy csapadékos tenyészidőszakban, mint egy aszályos esztendőben. Ezért először meg kell ismernünk a műtrágyaszintnek az időjárás által megszabott tényleges felső határát, illetve az adott időjárási viszonyok között alkalmazandó optimális dózist. Ezért kezdtük tanulmányozni az időjárási elemek, a növényfejlődés és a termés közötti kapcsolatot különböző műtrágyázás esetén.

A témával kapcsolatos kutatásokat 1970-ben indítottuk el a martonvásári és szarvasi obszervatóriumban, majd 1972-ben létrehoztuk kizárólag a tápanyaghasznosítás és az időjárás kapcsolatának feltárása céljából a keszthelyi kutatóállomást.

Martonvásáron elsősorban a hőmérséklet befolyását vizsgáltuk a növényfejlődésre és a műtrágya hasznosulására (Pletser, 1976), Szarvason és Keszthelyen a termikus tényezők mellett a higrikus faktorok (csapadék, talajnedvesség, evapotranspiráció) hatásának tanulmányozására is lehetőség nyílt (Antal et al. 1975; Posza I., –Tóth E., 1975; Dávid, 1977; Posza, 1977; Dávid, 1978; Posza, 1978).

Jelzőnövényünk mindhárom állomáson a kukorica volt; a kísérlet első évében Mv-1-es, majd Mv-620-as, 1973-tól pedig egységesen MvSc 580-as hibridkukoricát alkalmaztunk, hektáronként 50, 65 és 80 ezres tőszámúval.

## I. TÁBLÁZAT

*Az evapotranspiráció alakulása fenofázisonként és műtrágyakezelésenként*

∅ = műtrágyázatlan kontroll, V = vízszinttartás az evapotranspirométerben,  
 kA = kis műtrágyaadag, Ö = öntözés felülről 20 naponként,  
 KA = közepes műtrágyaadag, F = fóliatakarás,  
 NA = nagy műtrágyaadag,

Év	Keszthely				Szarvas			
	∅+V mm/ nap	kA+V mm/ nap	KA+V mm/ nap	NA+V mm/ nap	∅+V mm/ nap	kA+V mm/ nap	KA+V mm/ nap	NA+V mm/ nap
<b>Kelés – címerhányás</b>								
1973	2,6	—	2,7	2,7	2,0	—	2,5	2,8
1974	—	—	2,6	2,0	—	1,9	2,2	2,1
1975	2,8	2,9	3,1	2,9	2,8	2,5	2,6	2,6
1976	2,8	3,2	2,8	2,7	—	2,7	2,8	2,9
1977	—	2,5	2,6	3,1	—	2,5	2,4	2,7
<b>Címerhányás – nővirágzás</b>								
1973	3,6	—	4,1	4,6	4,5	—	5,8	5,1
1974	—	—	4,9	7,1	—	1,5	1,7	1,8
1975	2,9	2,9	3,4	3,2	2,5	3,6	3,4	3,6
1976	3,2	5,0	5,5	7,9	—	6,4	7,4	7,3
1977	—	4,3	4,4	5,4	—	4,9	5,2	5,8
<b>Nővirágzás – érés</b>								
1973	2,2	—	2,7	3,1	3,5	—	4,0	4,4
1974	—	—	3,1	3,4	—	2,5	3,4	3,9
1975	2,5	2,5	2,8	2,8	3,6	3,6	3,4	3,5
1976	2,1	2,1	2,5	3,3	—	3,3	3,5	3,7
1977	—	3,2	3,4	4,0	—	3,7	3,8	4,3

A keszthelyi és szarvasi műtrágyakísérleteink kisparcellákon, míg a martonvásáriak mikroparcellákon folytak.

A tápanyagellátásban a műtrágyázatlan kontroll mellett, a Keszthelyi Agráregyetem javaslata szerint háromféle dózist alkalmaztunk:

– <i>kis</i> műtrágyaadag	120 kg/ha NPK	50 kg/ha N 30 kg/ha P 40 kg/ha K
– <i>közepes</i> műtrágyaadag	240 kg/ha NPK	100 kg/ha N 60 kg/ha P 80 kg/ha K
– <i>nagy</i> műtrágyaadag	480 kg/ha NPK	200 kg/ha N 120 kg/ha P 160 kg/ha K

kombinációt tartalmazott.

Állomásainkon az *adatgyűjtés* részletes időjárasi, valamint fenológiai és fenometriai megfigyelésekre és mérésekre terjedt ki. Ezeket a kísérleti parcellákon rendszeres talajnedvesség mérések egészítették ki. A parcellákon elhelyezett evapotranspirométerekkel pedig a különböző szinten műtrágyázott és különböző vízkezelésű állományok vízfogyasztását hasonlítottuk össze.

Az időjárasi elemek közül leginkább a hőmérsékletnek és a csapadéknak van befolyása a műtrágya hasznosulására, a talaj hő- és vízháztartási rendszerén keresztül. Kísérleteinkben a talaj hőmérsékletét és nedvességét egyrészt talajfestéssel és fóliatakarással, másrészt különféle vízadagolással, vízszinttartással, ill. öntözéssel módosítottuk.

A talajfestéssel és a nedvességviszonyok kombinációival tulajdonképpen különböző hőellátású és csapadékjárású éveket szimuláltunk.

A tapasztalatok szerint a melegebb, nedvesebb talajokon a fenológiai fázisok megrövidültek. Ám az azonos hő- és nedvességellátottságú, de különbözőképpen műtrágyázott állományok fenofázisának hossza között az évek folyamán nem mutatkoztak szisztematikus, egyirányú eltérések. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy *műtrágyázással a fenológiai fázisok hossza számottevően nem befolyásolható.*

## II. TÁBLÁZAT

*Az evapotranspiráció tenyészidőszakbeli összegei a különböző víz- és tápanyagellátású evapotranspirométerekben (mm/tenyészidőszak)*

Kezelések	Keszthely					Szarvas				
	1973	1974	1975	1976	1977	1973	1974	1975	1976	1977
Ø + V	393	—	411	359	—	417	—	468	—	—
Ø + V + Ö	434	—	453	—	—	—	—	—	—	—
kA + V	—	—	432	415	431	—	355	451	470	421
kA + V + Ö	—	—	444	416	438	—	—	—	—	—
KA + V	454	489	456	419	449	484	458	444	523	419
KA + V + Ö	469	527	505	461	494	—	—	—	—	—
NA + V	491	486	437	501	526	510	475	449	511	470
NA + V + Ö	576	522	517	586	579	—	—	—	—	—
KA + V + F	—	444	418	—	—	—	—	—	—	—
NA + V + F	—	435	458	—	—	—	—	—	—	—

Nagymértékben hatott azonban a műtrágya mennyisége a lombzat növekedésére és ezen keresztül az *evapotranspirációra*.

A műtrágya növekvő szintjei (jelölésük):  $\emptyset$  = műtrágyázatlan kontroll, *kA* = kis-, *KA* = kötepes-, *NA* = nagy műtrágyaadag) az évek többségében növelték a párologtató felület *t* nagyságát, ami természetesen fokozott vízfogyasztással járt.

### III. TÁBLÁZAT

Az MvSc 580-as kukorica szemtermése különböző műtrágya- és vízkezelésben [tonna/ha]

Jelölések:  $\emptyset$  = műtrágyázatlan kontroll, *kA* = kis műtrágyaadag, *KA* = közepes műtrágyaadag, *NA* = nagy műtrágyaadag, *V* = vízzinttartás az evapotranszirométerben,  $\emptyset$  = öntözés felülről 20 naponként, *F* = földtakarás.

Kezelés	Keszthely					Szarvas						
	1973	1974	1975	1976	1977	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
$\emptyset$	—	—	—	—	—	7,6	6,3	2,9	—	7,9	—	—
$\emptyset + V$	2,2	—	7,4	2,8	—	8,2	3,2	2,5	—	7,9	—	—
$\emptyset + V + \emptyset$	3,0	—	9,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>kA</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	9,3	10,4	8,0	8,9
<i>kA</i> + <i>V</i>	—	—	10,4	5,1	4,8	—	—	—	9,8	10,3	7,1	4,7
<i>kA</i> + <i>V</i> + $\emptyset$	—	—	10,9	5,3	4,8	—	—	—	—	—	—	—
<i>KA</i>	5,4	9,9	13,3	—	—	11,4	8,9	7,3	10,1	13,8	5,7	8,3
<i>KA</i> + <i>V</i>	6,3	10,1	11,9	8,9	6,5	12,3	11,5	7,6	10,0	10,4	9,4	6,7
<i>KA</i> + <i>V</i> + $\emptyset$	4,5	10,5	13,0	6,4	7,5	—	—	—	—	—	—	—
<i>NA</i>	9,6	12,8	14,1	8,7	9,9	10,3	9,3	7,8	10,8	14,7	8,3	10,8
<i>NA</i> + <i>V</i>	9,5	10,7	12,5	9,4	8,4	14,6	12,7	9,1	9,6	11,4	10,3	10,0
<i>NA</i> + <i>V</i> + $\emptyset$	9,6	12,0	12,7	9,4	8,5	—	—	—	—	—	—	—

A vízfogyasztásnak az *I. táblázatban* feltüntetett napi átlagos értékei azt tanúsítják, hogy legtöbb vizet a kukorica fogyasztott a címerhányás-virágzás fázisában, mégpedig a nagy műtrágyaadaggal kezelt hányás-virágzás fázisában átlagosan 20%-kal több vizet fogyasztott, mint a közepesen műtrágyázott állomány.

A vízfogyasztás tenyészedőszakbeli összegeit tekintve (*II. táblázat*) azt tapasztaltuk, hogy az azonos vízellátású (*V* = vízzinttartás az evapotranszirométerben a felszíntől 80 cm-re) és nagy adaggal műtrágyázott (*NA* + *V*) állományok evapotranspirációja a kísérleti évek folyamán 4–11%-kal meghaladta a közepes (*KA* + *V*) dózissal kezeltét. A kis adaggal (*kA* + *V*) műtrágyázott, valamint a műtrágyázatlan ( $\emptyset$  + *V*) kukorica vízfogyasztása mindig alatta maradt az előző kettőének. Megjegyezzük, hogy a vízzinttartáson (... + *V*) felüli öntözés következtében (... + *V* +  $\emptyset$ ) minden esetben nagyobb lett a lombzat, és vele együtt nőtt a vízfogyasztás is.

Végeredményben tehát a *műtrágyázás* közvetve — a levélfelület megnövelésén keresztül — hat a vízfogyasztásra, mégpedig az esetek többségében *vízigenymegnövekedéssel jár*.

A megnövelt asszimilációs felület hat a termés mennyiségére. A *termés-eredmények* összehasonlításakor szembetűnő az, hogy a nagyobb műtrágyaadagok általában növelik a termést (*III. táblázat*). E termés-növekmény azonban azonos fajta és agrotechnika ellenére évről évre változik.

Figyelemre méltó az is, hogy a magasabb műtrágyaszinteken, azaz jobb

tápanyagellátás esetén az időjárás befolyása csökken: nő a termésbiztonság. Ám a nagyobb műtrágyaadag nem minden esztendőben gazdaságos, sőt bizonyos esetekben depresszíven is hathat. Például olyan aszályos évben (Szarvas, 1971), amikor a tenyészidőszak csapadéka 80–100 mm-rel kevesebb volt az átlagnál, a vízellátás nélküli nagy műtrágyával kezelt kukorica (NA = 102,9 q/ha) kerekén 10%-kal kevesebbet termett kísérleti parcelláinkon, mint az az

#### IV. TÁBLÁZAT

A legfontosabb éghajlati elemek és a kukoricatermés kapcsolata  
(Szarvas, Keszthely 1971–1977)

Szemter- més (tonna/ha)	Hőmérséklet (C°)				Csapadék (mm)				Globálsugár- zás az érési időszakban (J/m <sup>2</sup> időszak)
	átlagos minimum			a tenyészidő- szakban	szept.- márc.	ápr.- okt.	Σ		
	márc.	ápr.	$\frac{m+a}{2}$		hónapokban				
Nagy műtrágyaadag									
14,7	2,9	5,1	4,0	16,6	228	391	619	761	145,7
14,1	3,0	5,3	4,2	15,9	355	549	904	761	147,3
12,8	4,3	5,3	4,8	14,8	286	588	847	621	92,1
10,8	2,1	3,7	2,9	15,2	106	527	633	621	121,8
10,8	3,5	4,4	3,9	16,0	332	233	565	621	120,2
10,3	-1,3	5,3	2,0	16,5	142	268	410	621	79,5
9,9	4,8	4,8	4,8	15,0	426	290	716	671	83,7
9,6	1,7	4,8	3,3	15,3	216	481	697	671	120,9
9,3	0,8	7,2	4,0	15,7	185	464	649	671	78,3
8,7	-1,9	5,0	1,6	15,4	237	386	623	671	94,2
8,3	-2,0	5,8	1,9	16,4	154	281	435	468	100,9
7,8	-1,2	4,6	1,7	16,2	181	319	500	468	102,6

#### Közepes műtrágyaadag

13,8	2,9	5,1	4,0	16,6	228	391	619	761	145,7
13,3	3,0	5,3	4,2	15,9	335	549	904	761	147,3
11,4	-1,3	5,3	2,0	16,5	142	268	410	639	79,5
10,1	2,1	3,7	2,9	15,2	106	527	633	639	121,8
9,9	4,3	5,3	4,8	14,8	286	588	847	639	92,1
8,9	0,8	7,2	4,0	15,7	185	464	649	607	78,3
8,3	3,5	4,4	3,9	16,0	332	233	565	607	120,2
7,3	-1,2	4,6	1,7	16,2	181	319	500	544	102,6
5,7	-2,0	5,8	1,9	16,4	154	281	435	544	100,9
5,4	1,7	4,8	3,3	15,3	216	481	697	544	120,9

állomány, amelyik a közepes dózist kapta (KA + 113,7 q/ha). Ugyanebben az esztendőben a csapadékon felüli vízadagolással 16%-os terméstöbbletet értünk el nagy (NA + V = 145,9 q/ha) műtrágyaadaggal a közepeshez (KA + V = 123,0 q/ha) képest.

Csapadékos tenyészidejű években (1974, 1975) a tápanyag növelése a termés mennyiségét minden esetben növelte, de a termés növekedésének üteme a magasabb NPK szintek felé haladva mérséklődött.

A műtrágyaadagok felső határát tehát döntő módon befolyásolja a csapadékelátottság. A kísérleti adatokból arra lehet következtetni, hogy a hőmérséklet emelkedése nálunk csak akkor lehet akadály a műtrágyák hatékonyságának, ha a magas hőmérséklet elégtelen csapadékkal párosul.

Az alacsony hőmérséklet azonban már lehet korlátozó tényező, különösen a kezdeti fejlődés szakaszán. A hideg időjárás késlelteti a talaj fölmelegedését, ezzel együtt a növény fejlődésének, és a mikroorganizmusok tevékenységének megindulását (Pletszer 1971).

A következőkben olyan vizsgálat eredményeit szeretném ismertetni, amely rávilágít a különböző műtrágyaadaggal elért terméseredmények és a legfontosabb időjárási elemek kapcsolatára.

E vizsgálat során Szarvason és Keszthelyen a nagy, és közepes műtrágyával kezelt parcellákon öntözetlen viszonyok között elért terméseredményeket összevetettük a legfontosabb termikus és higrikus tényezőkkel, nevezetesen: a vetést megelőző időszak (március és április) léghőmérsékletével és minimumhőmérsékleteivel, a tenyészidőszak átlagos hőmérsékletével, az előző őszi és téli (szeptember – március) csapadékával, a tenyészidőszak (április – október) csapadékával, valamint az érési időszak (virágzás – érés fázis) besugárzásával.

A vizsgálat úgy történt, hogy a 480 kg/ha-os nagy műtrágyaadaggal, valamint a 240 kg/ha-os közepes dózissal elért terméseredményeket a *IV. táblázatban* látható módon nagyság szerint sorbaállítottuk, melléjük rendeltük a fenn felsorolt éghajlati elemeket. Ezután bizonyos osztályközöket állapítottunk meg, amelyekben belül a termés kedvezően, vagy kevésbé kedvezően alakult az adott műtrágyaszinten.

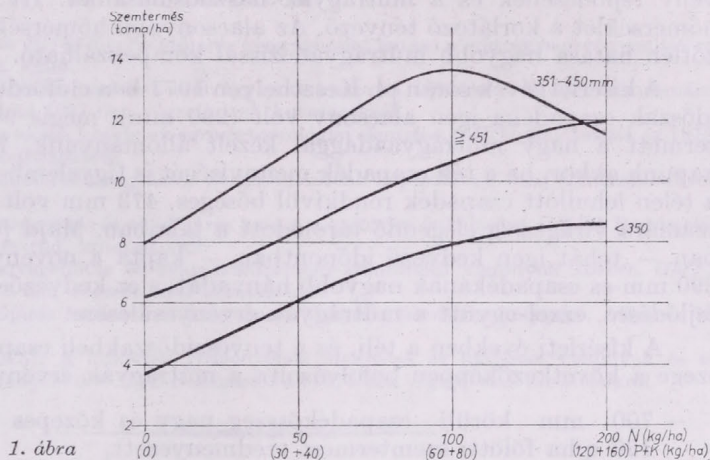
A kukorica vetése kísérletünkben általában április végén, május elején történt. Vetéskor a talaj fölmelegedésére nagymértékben hat a koratavaszi hónapok hőmérséklete, különösen a napi minimumhőmérsékletek. Erősebb lehűlés, gyakori fagy u. i. lassítja a talaj fölmelegedésének ütemét. Ezért a *vetést megelőző időszak hőviszonyait* március és április átlagos minimumhőmérsékleteinek számtani közepével jellemeztük.

Amikor e két hónap átlagos minimumhőmérsékletének középértéke meghaladta a 3,8 C fokot, nagy műtrágyaadaggal 90 q/ha fölötti szemtermést értünk el. Azokban az esztendőkből, amikor a vetést megelőző két hónap hőmérsékleti minimumainak átlaga 2 C fok alatt maradt (1,7 C°), ugyanezzel a dózissal 70–90 q/ha között változott a kukorica szemtermése.

Közepes szintű műtrágya jól érvényesült 3,5 C°-os átlagos minimumok esetében, ám ahhoz, hogy ezzel a dózissal legalább 50 q/ha-os termést kapjunk, már kedvezőbb kezdeti hőmérsékletre, közel 3 C°-ra (2,9 C°) volt szükség. Magasabb műtrágyaszintekkel tehát a kezdeti fejlődést gátló alacsonyabb hőmérséklet káros hatása bizonyos mértékben kivédhető. A kukorica hőigényes növény, ezért általában minél melegebb a tenyészidőszak, annál kedvezőbben hat a növény fejlődésére és a műtrágya hasznosulására, ha csak a meleg időjárás nem párosul elégtelen csapadékkal.

Általában mind a nagy, mind pedig a közepes műtrágyadózis akkor érvényesül a legjobban, amikor a tenyészidőszak középhőmérséklete elérte, vagy meghaladta a 16 C°-ot. Kivétel volt Keszthelyen az 1974-es tenyészidőszak, amikor a nyár elejének hűvös időjárása a tenyészidőszak középhőmérsékletét 14,8°-ra szorította le. A nyár második felében azonban már igen meleg volt, és ennek, valamint az optimális vízellátásának hatására a műtrágyák kedvezően hasznosultak. A hosszú, meleg őszi pedig a tökéletes beérést segítette elő. Ennek ellenkezőjét tapasztaltuk Szarvason 1973-ban és 1977-ben, amikor a tenyészidőszak középhőmérséklete meghaladta ugyan a 16 C°-ot, a műtrágyák a talaj elégtelen nedveségtartalma miatt mégsem érvényesültek megfelelően.

A talaj nedvességtartalma éghajlatunkon döntő tényezője a műtrágyák hasznosulásának. Keszthely és Szarvas térségében a tenyészidőszak 75 évi csapadéklaga között több, mint 100 mm az eltérés. Ez a 100 mm-es csapadék-többlet Keszthelyen jelentősen megnöveli a nagyobb adagú műtrágyák hasznosulásának lehetőségét. A két állomás csapadéklátottságában mutatkozó különbség ellenére vizsgálatunkban a csapadéknak és a műtrágya hasznosulásának kapcsolatát – a termikus tényezőkhöz hasonlóan – itt is összevonva értékeltük.



1. ábra

Kísérleteinkben a nagy műtrágyaadag optimális érvényesüléséhez legalább 450 mm/tenyészidőszak csapadékra volt szükség. Keszthelyen a csapadék 75 évi átlaga 479 mm, ott tehát a nagy műtrágyaadag alkalmazása éghajlati szempontból indokolt. Ám a csapadék 75 évi valószínűségi értékei szerint Keszthelyen 56, Szarvason azonban csak 18%-os valószínűséggel számíthatunk a tenyészidőszak folyamán 450 mm-t meghaladó csapadéokra. Azokban az esztendőknél, amikor a csapadék tenyészidőszakbeli összege 450 mm-nél kisebb volt, de meghaladta a 350 mm-t, a közepes műtrágyaszint adta a legnagyobb termést.

Ennek értelmében Szarvason a 354 mm-es sokévi csapadék a közepes műtrágyaszintet jelöli az éghajlati szempontból optimális dózishoz. Természetesen az időjárás által determinált optimum itt is jelentősen eltérhet ettől. Ha a tenyészidőszak csapadéka 350 mm-nél kevesebb, a műtrágya növekvő szintjei emelik ugyan valamivel a termés mennyiségét, ám a közepes és a nagy műtrágyaadag ilyen kevés csapadék idején már nem gazdaságos. Ebben az esetben – az alkalmas időpontokban kiadott – 100–120 mm öntözés segíti a már kiszórt műtrágyák érvényesülését.

A műtrágyaadag – csapadék – termés kapcsolatot megkíséreltük grafikus szemléltetni. Az 1. ábrán a függőleges tengelyen a szemtermést vettük fel q/ha-ban, a vízszintes tengelyen pedig a műtrágyaszintek szerepelnek. Irodalmi utalások szerint a tenyészidőszak csapadéka elsősorban a nitrogén oldódását, befolyásolja, ezért a vízszintes tengely mentén az elsősorban a nitrogénadagokat tüntettük fel, alatta zárójelben a hozzájuk rendelt foszfor és kálium mennyisége szerepel kg/ha-ban.

A görbék a háromféle csapadékosztályt jelentik. A 350 mm-nél kevesebb csapadék esetén a műtrágya növekvő szintjei emelték ugyan a termés mennyiségét, de csak kis mértékben, és így a nagyobb műtrágyaadagok már nem térültek meg. 351–450 mm közötti csapadékmennyiség a közepes műtrágyaszint hasznosulásának kedvezett, a 451 mm-nél nagyobb csapadék pedig a 200 kg/ha-os nitrogén hasznosulását segítette elő.

Figyelemre méltó az, hogy a 450 mm-nél magasabb csapadékok görbéje közepes helyet foglal el ábránkon. Ez a csapadékösszeg ugyanis gyakran hűvösebb, napfényben szegényebb időjárással párosul, ami nem kedvez a növény fejlődésének és a műtrágyák hasznosulásának. Itt tehát az alacsony hőmérséklet a korlátozó tényező. Az alacsonyabb hőmérsékletnek ez a kedvezőtlen hatása nagyobb műtrágyadózissal kompenzálható.

A kísérleti évek során pl. Keszthelyen 1977-ben előfordult, hogy a tenyészidőszak csapadéka igen alacsony volt (290 mm), mégis 99,2 q/ha kukoricát termett a nagy műtrágyaadaggal kezelt állományunk. Erre magyarázatot kapunk akkor, ha a téli csapadék mennyiségét is figyelembe vesszük. 1977-ben a télen lehullott csapadék rendkívül bőséges, 473 mm volt. Ebből a kukorica számára virágzásig elegendő tárolódott a talajban. Majd júniusban és júliusban – tehát igen kedvező időpontban – kapta a növény a tenyészidőszak 290 mm-es csapadékának nagyobb hányadát, s ez kedvezően hatott a további fejlődésre, ezzel együtt a műtrágyák érvényesülésére.

A kísérleti években a téli, és a tenyészidőszakbeli csapadék együttes összege a következőképpen befolyásolta a műtrágyák érvényesülését:

- 700 mm körüli csapadékösszeg nagy és közepes szintű kezelésében 120 q/ha fölötti szemtermést eredményezett,
- 600 mm körüli csapadék a nagy műtrágyadózissal 90–120 q/ha, a közepessel 80–120 q/ha szemtermést hozott.
- 500 mm körüli csapadékösszeg esetén a nagy műtrágyaadaggal 70–80, a közepessel pedig 50–70 q/ha-os szemtermést kaptunk.

A kukorica – mint ismeretes – a kezdeti fejlődés szakaszában különösen hőérzékeny. Később, főként a virágzás idején nedvességigény a nagy. Virágzás után, amikor az érés megindul, szárazabb, napfényes időjárás a kedvezőbb. Ezért a terméseredményeket az érési időszak besugárzásával hoztuk kapcsolatba.

Mind a nagy, mind pedig a közepes szinten műtrágyázott állomány szemtermése 100 q/ha-nál magasabb lett, ha az érési időszak globálsugárzása átlagosan 126 kJ/m<sup>2</sup> körül volt. 100 q/ha-nál kisebb terméseredmények 97 kJ/m<sup>2</sup> körüli besugárzáshoz kapcsolódnak.

Összefoglalóan elmondhatjuk, hogy a 480 kg/ha-os nagy műtrágyaadag megtérülésének a feltétele:

- a vetés előtti két hónap minimumhőmérséklete 4 C° körül legyen,
- a tenyészidőszak csapadéka legkevesebb 450 mm legyen, vagy ha ez nem teljesül,
- a tenyészidőszak és az előző tél csapadékának összege haladja meg a 600 mm-t, és végül
- az érési időszakban megközelítőleg 126 kJ sugárzási energia érkezzék az állomány egységnyi felszínére.

Közepes műtrágyaszint olyan körülmények között lesz gazdaságos, ahol a tenyészidőszak csapadékösszege 80–100 mm-rel általában az optimális

450 mm alatt marad. A közepesen műtrágyázott kukorica hő- és sugárzás-igénye a nagy adaggal műtrágyázottéhoz hasonló.

Az 1901 – 1975-ös évek éghajlati adatsorából számított valószínűségi értékek szerint: 450 mm-t meghaladó csapadéokra a tenyészidőszak folyamán Keszthelyen 56, Szarvason 18%-os valószínűséggel számíthatunk. Ezzel szemben a tenyészidőszak hőmérséklete Szarvason csak az évek 10%-ában korlátozó tényező, Keszthelyen viszont az évek 28%-ában nem volt kielégítő.

#### IRODALOM

- Antal E., Posza I., Tóth E. (1975): Az időjárás és az éghajlat hatása a műtrágya érvényesülésére. *Időjárás* 79. évf. 2. szám.
- Dávid A. (1977): Az időjárás hatása a műtrágyázott kukorica fejlődésére és terméshozamára. *OMSZ Beszámoló* az 1977-ben végzett tud. kutatásokról.
- Dávid A. (1978): Műtrágyázási kísérletek agrometeorológiai elemzése. *OMSZ Beszámoló* az 1978-ban végzett tud. kutatásokról.
- Pletser J. (1971): A kukorica műtrágyázása hasznosulásának kapcsolata a talaj hőmérsékletével. Kézirat.
- Pletser J. (1976): A műtrágyázás és az időjárás hatása a kukorica fejlődésére. *OMSZ Beszámoló* az 1976-ban végzett tud. kutatásokról.
- Posza I. (1977): Tápanyagellátás és evapotranspiráció szántóföldi viszonyok között. *OMSZ Beszámoló* az 1973-ban végzett tud. kutatásokról.
- Posza I. (1978): Az időjárás hatása a műtrágyázott kukorica terméseredményére. *Időjárás* 82. évf. 3. sz.
- Posza I., Tóth, E. (1975): A kukorica vízigényének alakulása az időjárás viszonyok és az NPK-szintek függvényében. *OMSZ Beszámoló* az 1974-ben végzett tud. kutatásokról.
-

VÁRKONYI T. és CZICZÓ T.: A levegőminőség vizsgálata. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980. 229. o., számos ábra és táblázat.

A környezetvédelem feladatainak megoldása szempontjából alapvető fontosságú a különböző környezeti elemek (levegő, víz, talaj stb.) antropogén módosulásának pontos felmérése. A környezeti szennyeződés korlátozását, esetleg megszüntetését célzó rendelkezéseknek megfelelő mennyiségű és minőségű mérési adatra kell támaszkodniuk. Ez a megállapítás különösen igaz egy olyan mozgékony közeg esetén, mint a levegő. Az elmúlt két évtizedben, más országokhoz hasonlóan, a szakemberek Magyarországon is komoly erőfeszítéseket tettek megfelelő mérőrendszerek kialakítására. A lokális légszennyeződés (városok, ipartelepek szennyeződése) rendszeres, hálózatszerű megfigyelését az Országos Közegészségügyi Intézet szervezte meg. Jelen könyv két szerzője, elsősorban Várkonyi Tibor, ebben a munkában meghatározó szerepet játszott.

A szerzők, illetve a Műszaki Könyvkiadó okvetlenül dicséretet érdemelnek, hogy a könyv megírására ill. kiadására vállalkoztak. Az olvasó először vehet kézbe olyan magyar nyelvű művet, amely a levegő lokális és háttér szennyezettségi szintjének megállapítására szolgáló műszerek, illetve analitikai és egyéb módszerek leírását egységesen tartalmazza. A szerzők külön érdeme, hogy munkájukban a vizsgálatok tervezésének és az eredmények értékelésének elvi alapjait is bemutatják. A könyv öt fejezetből áll:

1. A levegőszennyezettség-vizsgálatok tervezése;
2. Mintavételi eljárások;
3. Mérési módszerek;
4. Levegőszennyező anyagok műszeres vizsgálata;
5. A levegőszennyezettség minősítése.

A fejezetek egyszerű felsorolásából is kitűnik, hogy Várkonyi és Cziczó igyekeztek könyvüket logikusan felépíteni. Ennek ellenére a szöveg átolvasása után az olvasónak némi problémát okoz annak eldöntése, hogy milyen elvek alapján kerültek egyes részek a 3., a 4., esetleg az 5. fejezetbe. Nyilvánvalónak tűnne ugyanis, hogy a második fejezet – címének megfelelően – csak mintavételi, míg a harmadik fejezet az analitikai eljárások leírását tartalmazza. Ezzel szemben az ülepedő por gyűjtésével (mintavételével) foglalkozó szabvány ismeretése a harmadik, a nagyteljesítményű aeroszol mintavevők bemutatása a negyedik fejezetbe kerül. Az aeroszol mintában levő ólom kimutatását (spektrofotometriás, abszorpciós spektrofotometriás), valamint a minta előkészítésének receptjét a szerzők a harmadik, általában a fémek atomabszorpciós spektrometriás vizsgálatát a negyedik fejezetbe illesztették be. Egyáltalán igen nehéz a 4. fejezet célkitűzését megérteni. Ebben a részben szakaszos mérésre szolgáló mintavételi és analitikai műszerek, illetve a légszennyeződés folyamatos megfigyelésére készült regisztráló berendezések leírása egyaránt megtalálható. Talán célszerűbb lett volna, ha a negyedik fejezet, kicsit részletesebben, csak a regisztráló műszerekkel foglalkozott volna és elmaradt volna a műszeres analitikai kémia eszközeinek bemutatása. Ez utóbbit ugyanis kémiai kézikönyvekben is megtalálhatja az érdeklődő.

A könyv tartalmának részletes szakmai értékelése természetesen meghaladja jelen ismertetés kereteit. Általában azt mondhatjuk, hogy a légszennyező gázok mérési módszereit tartalmazó részek jobban sikerültek, mint az aeroszol részecskék felfogását és a minták kiértékelését tárgyaló egyes alfejezetek (pl. 4.6 alfejezet). A munka legnagyobb értékét a 3. fejezet jelenti, amely számos analízis elvégzéséhez ad részletes útmutatást.

A könyv kiállítása tetszetős. Formai és tartalmi értékét tovább növelte volna megfelelő tárgymutató beiktatása, illetve az irodalmi hivatkozások gondosabb egységesítése.

*Mészáros Ernő*

## CZELNAI RUDOLF VEZETŐ ÁLLÁSÁN A WMO-NÁL

*Czelnai Rudolf*, aki 1974 áprilisától közel hét éven át az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöki tisztét töltötte be, 1981. február 1-től kétéves időtartamra szóló szerződés alapján a Meteorológiai Világszervezet (WMO) Genfben működő titkárságának tisztviselője lett. Új, nagy fontosságú és felelősségteljes beosztásában a WMO tudományos és technikai programjainak igazgatójaként, lényegében a ma már 152 tagországot számláló világszervezet egész tudományos és szaktevékenységének gyakorlati irányítása és ellenőrzése lesz a feladata.

Szolgálatunk volt elnökének a WMO-titkárság e kulcspozíciójára való kinevezése természetesen nem a véletlen műve volt, hanem *Czelnai Rudolf* eddigi kimagasló tudományos és szervező munkásságának ismeretében és elismeréseként történt. WMO-beli tevékenységének rövid áttekintése keretében meg kell említeni, hogy nevét a világszervezet köreiből már 1960 óta ismerik. Előbb a Műszerek és Megfigyelési Módszerek bizottságának magyar tagja volt, majd az 70-es évek elején az Alaprendszerek Bizottsága Globális Megfigyelési Rendszer munkacsoportjának tagja, később elnöke lett. Szakértőként közreműködött a Viktória, Kyoga és Mobutu Sese-Sekotavak hidrometeorológiai felmérésének programjában. 1974-ben az Európai Regionális Asszociáció (RA VI) alelnökévé választották, 1975 őszétől pedig mint az RA VI elnöke és a Végrehajtó Bizottság tagja töltött be fontos szerepet a világszervezet ügyeinek irányításában. Tevékenyen részt vett az Éghajlati Világprogram létrehozásában is. Nagymértékben fejlesztette az OMSZ kapcsolatait a WMO-val.

A nemzetközi meteorológiai együttműködés szervezésében eddig elért rendkívüli sikereinek alapját adó tényezők közül a legfontosabbaként jelöljük meg páratlanul széles és alapos ismereteit nemcsak a meteorológia különböző ágaiban, hanem számos más tudomány terén is, a meteorológiai szolgálatok gyakorlati problémáiban való nagy jártasságát, s kivételes diplomáciai kultúráját.

Gratulálunk *Czelnai Rudolf*nak új kinevezéséhez, amely személye révén az Országos Meteorológiai Szolgálatnak is államunknak is elismerést és megtiszteltetést jelent. Abban a tudatban kívánunk neki sok sikert új megbízatásának teljesítésében, hogy a fent említett tényező-együttes a további eredmények biztos záloga.

*Időjárás Szerkesztő bizottsága*

\*

## METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK 1980.

Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Meteorológiai Tudományos Bizottsága és az OMSZ 1980-ban nov. 20 – 21-én rendezte meg a meteorológiai tudományos napokat az MTA székházában. A tudományos ülésszakon „Az éghajlat ingadozása és kölcsönhatása az emberi tevékenységgel” tárgyában hangzottak el előadások, elsőként *Gözl Gusztáv* „Éghajlati Világprogram – az éghajlatváltozások kutatásának jelentősége, lehetőségei és problémái” c. előadása. A címben foglaltak ismertetése és elemzésük – elégséges előadásban – tervszerűen, kiváló megnyitói voltak e tudományos ülésszak többi előadásának. A megnyitói is, majd ezt követően még hét előadás „Az éghajlat változásának és változékonyságának elméleti kérdései” tárgyában hangzottak el. Így *Mika János* „A globális éghajlat statisztikai-dinamikai modellezése”, *Koppány György* „Az éghajlatingadozások kutatásának eszközei – együttműködés különböző tudományágakkal”, *Kordos László* „Éghajlatváltozás és környezetfejlődés”, *Dobozi Zoltán* „Kontinensvándorlás és éghajlat”, *Pécze György* „A hőmérséklet szekuláris változása, összefüggésben az általános cirkulációval az északi félgömb poláris területein”, *Molnár Gyula* „A klímaváltozások és a naptevékenység lehetséges kapcsolatáról”.

A másik nagyobb témacsoport „Az éghajlat és az emberi tevékenység kapcsolata” volt, ebben az alábbi előadások hangzottak el:

*Varga-Haszonits Zoltán* „A gazdasági növények terméshozamának éghajlati potenciálja”.

Lépp Ildikó „Az éghajlat ingadozásának és változásának hatása az emberi tevékenységre”, Szász Gábor „A légköri szén-dioxid koncentráció változásának hatása a kultúrnövények produktivitására”, Probáld Ferenc „Városhajlata és városstervezés”, Kovácsné Pataki Márta „A Föld ultraibolya sugárzáséghajlatának emberi tevékenység okozta változásai és a változások hatása a bioszférában”, Haszpra László – Miskolci Ferenc „Az emberi tevékenység hatása a szén-körforgalomra és a hatások klimatikus következményei”.

Az 1980. évi, hatodik meteorológiai tudományos ülésszak ismét elérte célját. Sokoldalúan bemutatta, egy manapság igen előtérbe került, fontos kutatási területen az elért eredményeket, lehetőségeket és problémákat. Összehozta ez az alkalom a témával foglalkozó és az eredményeket felhasználó szakembereket, így sok esetben élénk eszmecsere alakulhatott ki. Alkalmat adott a hazai kutatóknak – köztük pályakezdő fiataloknak is – munkásságuk, eredményeik megismertetésére. Úgy véljük ez nem kevés.

Az érdekes előadások közlésének jogát az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei szerezte meg.

Lőrincz A.

\*

#### BUCSY JÓZSEF 1914—1980.

Bucsy József a Központi Meteorológiai Intézet nyugalmazott osztályvezetője 66 éves korában 1980. január 4-én meghalt. A végső búcsúztatásán megjelent barátainak, munkatársainak, tanítványainak nagy száma érzékelte a személyre iránti szeretetet és tiszteletet, a nevükben elmondott megemlékezés pedig bemutatta egy lelkiismeretes, szorgalmas, nagy tudású szakember életművének végső mérlegét, ami a magyar meteorológia negyedszázados gazdálkodásában tudományunk számára minden bizonnyal nyereséggel zárult.

Tudományos pályájának egyes állomásait felsorolta az Időjárásban nyugdíjba-vonulásakor (1975) megjelent megemlékezés, amely azzal a jókívánsággal búcsúztatja, hogy „erőben, egészségben még számos eredménnyel gazdagítsa a nevével összefonódott magyar magaslégköri méréseket és kutatásokat a következő évtizedekben is.” Sajnos, a remélt évtizedekből alig egy fél telt el Bucsy József haláláig, ebben is az utolsó éveket nehéz betegség tette fájdalmassá. Így utolsó szakmai tevékenységét, az ál-

tala nagy gonddal szerkesztett Aerológiai Évkönyvek sorozatát sem tudta „naprakészben” befejezni.

A meteorológusok azon korosztályához tartozott, amelyik tudományának bázisát a hiánytalan, folytonos adatgyűjtésben, a többszörösen ellenőrzött adatfeldolgozásban és a megbízható adatközlésben látta. Ezt a munkát, így Bucsy József tevékenységét is, inkább az adatokat hasznosító kortársak elismerése, az utódok hálája, a hangverszorgalom tisztelete koszorúzza s ennél kevésbé az anyagiakban és a gyors előmenetelben megnyilvánuló, látványos siker és az ezzel járó sikerélmény. Így Bucsy József tudományának szerény és áldozatkész munkásaként kortársainak tiszteletét, nagrabecsülését és szeretetét méltán kiérdemelte.

Szakmai munkásságát elsősorban a meteorológiai mérések és megfigyelések hazai programjának reális megtervezése, gondos végrehajtása, majd a magyar aerológiai szolgálat megszervezése és vezetése, végül a nyert adattömeg ellenőrzése és publikálása tette értékesé.

Felismerte azt is, hogy munkájának sikere a töretlen folytatásban rejlik, ez pedig a hasonlóan elkötelezett utódok nevelésén, oktatásán, röviden az utánpótláson múlik. Ennek érdekében közép- és felső-szinten nem csak az aerológiai gyakorlatok keretében adta át jövőendő munkatársainak és utódainak szűkebb szakterületén szerzett ismereteit, hanem magatartásával az emberséges, igazságos, tudományáért lelkesedő, de a tervezésben nagyon is reális kutató és vezető példáját is nyújtotta. Jegyzetei, különösen a *Meteorológus IV.* tanfolyam terjedelmes „Aerológiai mérések” tananyaga nagyon hasznos eszközei ma is a meteorológia hazai oktatásának.

Tudományos publikációi ugyanazt a részleteiben is megbízható pontosságot és gondos munkát igénylő alaposágot tükrözik, mint a szolgálatban és oktatásban kifejtett tevékenysége. Az Időjárásban és az OMI-Beszámolókból, a Balaton Éghajlata (1974) című kiadványban megjelent munkái ugyanolyan megbízható tartalmúak, mint amennyire megbízhatunk az általa szerkesztett Aerológiai Évkönyvek minden egyes számadatában. Az OMSZ centenáris kiadványában (*Fejezetek a magyar meteorológia történetéből, 1870–1970*) megjelent tanulmánya: „Az aerológiai kutatás története Magyarországon” a történet folytatás ölagos feldolgozásának megbízható forrása lehet. Munkáinak részletes felsorolása nagyobb teret igényelne. A kiragadott példákkal a tu-



dományát szerető és tisztelő, ennek hazai fejlődését önzetlenül munkáló Bucsy Józsefnek mint kutatónak, oktatónak és vezetőnek kívántunk emléket állítani.

Temetésén a búcsúbeszéd zárómondata: „emlékét kegyelettel megőrizzük”, nem hatott közhelyként s bizvást hozzátehetjük: magartartása, a tudomány iránti szeretete, szerénysége és szorgalom követendő példa marad. Ezt az erkölcsi hagyatékot tudományos eredményeivel együtt hasonlóképpen megőrizzük és megbecsüljük.

Béll Béla

\*

## MÁHR JENŐ 1929—1981

Távol még a nyugdíjas kortól, erre alig gondolva, munkásságának teljében, munkateljesítő-képességének töretlenül magas fokán, 1981. január 30-án, tragikus körülmények között, gépkocsibaleset következtében elhunyt Máhr Jenő az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Főosztályának vezetője. Alig múlt ötven éves. Hosszú szinoptikus pályafutás után, néhány éve nyíltott lehetősége arra, hogy a már igen fiatal korában megnyilvánuló jó gazdasági érzékét, ehhez különösen jó adottságát és közismerten kitűnő szervezőkészségét ezen a munkaterületen is kamatoztathassa. Ám ez a néhány év is elegendő volt arra, hogy ily irányú működése is csak elismeréssel, megbecsüléssel találkozzék.

Máhr Jenő 1929. szeptember 26-án született Budapesten. Középiskolai tanulmányait is itt, a budai ciszterci gimnáziumban végezte. Érettségi után, 1948-ban textilmérnöki pályára készült, de mivel a műgyetemre nem nyert felvételt, átmeneti munkát vállalt, hogy két évvel később az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán, az akkor első ízben induló meteorológus szakon kezdhesse meg felsőfokú tanulmányait. Ennek befejeztével, 1954 szeptemberében, mint az időjárás előrejelzéséért lelkesedő ifjú meteorológus a Ferihegyi Időelőrejelző Osztályra került szinoptikus beosztásba, ahol már 1959-ben elnyerte a „legjobb szinoptikus” címért kitűzött pályadíjat. Vezetői ráteremttségét igazolja, hogy 1959 augusztusában osztályvezető-helyettesi megbízást kapott.

Nem volt könnyű Ferihegyen a szolgálat; ellátása lekötötte szinte a teljes embert. Máhr Jenő mégis szakított időt arra, hogy alaposan bedolgozza magát a rövidtávú előrejelzés szakirodalmába, különös tekintettel a repülés meteorológiájára. Nyelvtudását is egyre fejlesztette, részt vett az ún. útvonalrepülésen, s ennek rév-

vén mélyrehatóan megismerhette a légi-közlekedés időjárási igényeit. Számos tanulmányt írt, amelyek a repülés biztonságát szolgáló szempontok alapján készültek. 1964 januárjában a Központi Előrejelző Osztályra helyezték, ahol osztályvezető-helyetesként példás lelkiismeretességgel, szakmai felkészültséggel irányította az osztály szerteágazó operatív és szolgáltató munkáját. Sokat tett a prognosztikai munka fejlesztése érdekében: annak előtte még soha nem látott, valóságos nagyüzemmi terebélyesítette a prognosztikai szolgáltatásokat. Elsősorban azzal, hogy elősegítette az új módszerek bevezetését. Kitűnő gazdasági érzékkel jóelőre felismerte, hogy az ún. új gazdasági mechanizmus idején a meteorológiai szolgáltatásokat is alaposan ki kell szélesíteni. Egyidejűleg sokat fáradozott azon, hogy megszervezze az előrejelzések széles publicitását a TV-híradó meteorológiai adásain keresztül. Ez a program 1967. február elejével meg is indult. E téren kifejtett munkásságát tíz év elteltével a Televízió elnöke nívódíjjal is jutalmazta.

1971. január 1-én a Központi Előrejelző Osztály vezetője lett. S amikor 1974 tavaszán elkészült az Előrejelző Intézet új székháza, az éjjel-nappal szolgálatot teljesítő prognózisrészleg zökkenőmentes, teljesen zavartalan áttelepülésének minden fázisát kézben tartva oldotta meg a külvilág számára észrevétlenül a teljes átállást az új helyzetre. Nagy energiával, fáradhatatlanul építette tovább a külső felhasználók számára egyre fontosabb kapcsolatunkat. Az árvíz elleni védekezésben tanúsított szakmai közreműködéséért két ízben is megkapta az „Árvízvédelemért” kitüntetését.

1976-ban a KEI keretében szervezett Előrejelző Főosztály vezetője lett. Ismét újabb lendülettel, magával ragadó lelkesedéssel törekedett arra, hogy az új viszonyok között kiépíthető új lehetőségeket megvalósíthassa. Magasabb beosztásban is jellemző maradt reá az, hogy minden beosztottjának fölmerülő problémáját éppoly gondossággal kezelte, mintha sajátja lenne. A bőséges tennivalót, az ügyek pontos intézését mindig előbbrevalónak tartotta, mint személyes szakmai érdekeit: számtalan esetben másodrangúként tette félre doktori értekezését.

Operatív tevékenysége mellett komoly munkát végzett a *Meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságának vizsgálata* c. OMSZ-tanulmány összeállításában. Társzerzőként hosszú évek szinoptikus tapasztalatait írta meg *Az időjárás előrejelzése és a mindennapi élet* c. könyvben. Közél egy évtizeden át dolgozott az OMSZ kód-bizottsága titkáránt, s nagy része volt a *Meteorológiai*



táviratok kézikönyve c. kiadvány összeállításában. Az ELTE Meteorológiai tanszékén a hallgatók szinoptikai gyakorlatait vezette, s nem zárkózott el a legifjabbaknak a szakkörök keretében történő továbbképzését szolgáló előadások tartásától sem. Szolgálati éveit során kétszer is elnyerte a *kiváló dolgozó* kitüntetést.

Megdőböntően tragikus, váratlan távozása az élők sorából mélyen megrendítette nemcsak pályatársait, barátait, s munkatársait, hanem mindazokat is, akik páratlanul nyitott és széles életpályája, munkássága során közelebbi kapcsolatba kerültek vele. Rokonszenves, megnyerő egyénisége gazdasági vezetőként is kellemes tárgyalóféllel avatta partnereit körében. Korán derékbátort pályájának eredményei, szakmai munkássága — öszintén emberi vonásaival együtt — mindenképpen méltóvá teszi az ittmaradtak különösen tisztelő, kegyeletes emlékeztetésére.

Máhr Jenőt és feleségét 1981. február 17-én a gyászolók seregének részvételével kísérve helyezték örök nyugalomra a budapesti Farkasréti temetőben.

*Lépp Ildikó — Tóth Pál*

\*

## LÉGSZENNYEZŐDÉS-METEOROLÓGIAI MUNKAÜLÉS

1981. március 18 — 23. között hatodik alkalommal került megrendezésre a csehszlovákiai Usty nad Labemben a szocialista országok meteorológiai szolgálatai által létrehozott légszennyeződésmeteorológiai munkacsoport tudományos-koordinációs ülése.

Az ülésen a vendéglátó csehszlovák szakembereken kívül bolgár, lengyel, német, magyar, szovjet meteorológusok vettek részt, valamint megfigyelőként jelen volt Jugoszlávia és Mongólia képviselője is.

A napirenden levő témák közül elsőként az 1980-ban végzett tudományos munkáról számoltak be a delegációk. Meteorológiai szolgálataink „A légszennyeződések terjedésének vizsgálata különböző meteorológiai feltételek esetén” című téma 6 altémájában folytatott az elmúlt időszakban kutatásokat:

— A szennyezőanyagok terjedését leíró turbulens-diffúziós egyenlet megoldása általános feltételek mellett, amely alkalmas az orografikus hatás alatt álló területek szennyezettégi viszonyainak vizsgálatára is.

— A különböző típusú természetes és mesterséges forrásokból származó nitrogénoxidok

és ammónia-kibocsátás értékének meghatározása Európa 26 országára, valamint 4 ország emisszió növekedésének megadása.

— A légköri stabilitás tér- és időbeli eloszlásának megadása a magyar és a környező országok rádiószondázó állomásainak adatait felhasználva.

— Háttérállomáson öt éven keresztül végzett mérések eredményei alapján meghatározott  $SO_2$ ,  $NO_2$  koncentráció, légköri homályosság és csapadékkémiai paraméterek évi meteteinek összehasonlítása Budapest bel- és külterületeinek évi meteteivel.

— A porszennyeződés nagyság szerinti eloszlásának vizsgálata mérések alapján.

— Különböző méretű szennyező folyamatok vizsgálatának módszertani kérdései.

A munkacsoport feladata két részből tevődött össze: az elért eredmények ismertetéséből, a tapasztalatok kicseréléséből, valamint a következő, 1981 — 85 közötti ötéves periódusban végzendő munka tervezetének egyeztetéséből és elfogadásából.

Ugyanez az ülés foglalkozott „A légszennyező anyagok fizikai — kémiai folyamatainak kutatása” című téma ötéves munkatervezetének összeállításával és megvitatásával is.

Nem volt véletlen, hogy Usty nad Labemet választották az ülés színhelyül, ezen a területen ui. rengeteg ipari objektum, erőművek, külszíni fajtéselő dolgozó bányák, gyárak vannak, amelyek nagymennyiségű szennyező anyagot bocsátanak ki a levegőbe. A Kopistyn levő meteorológiai állomáson például gyakran mérnek  $3 \text{ mg/m}^3$  kéndioxid koncentrációt, amely már olyan nagymértékű károsodást okozott a környező vidék növényvilágában, hogy egész fenyeződik pusztultak ki.

Egy igen érdekes tanulmányi kirándulás szerepelt a programban Kopistya és Tusimicén levő meteorológiai állomásokra is, ahol a rendszeres meteorológiai mérések kívül a különböző légszennyező anyagok koncentrációját ( $NO_2$ ,  $NO_x$ ) mérik és regisztrálják. Megtekintettük a környéken levő 3 darab 120 méteres meteorológiai torony egyikét, amelynek 5 szintjén mérnek (szintenként 2 — 2 irányban) szélességet és irányt, valamint hőmérsékletet. Nagy elismerést váltott ki a szodar, amelynek segítségével a kibocsátott hanghullámoknak a különböző sűrűségű levegőmolekulákról való visszaverődése alapján az inverzió alapját lehet meghatározni.

Köszönet illeti a vendéglátó Csehszlovák Hidrometeorológiai Szolgálatot az ülés sikeres megszervezéséért.

*T. Szabó Éva*

HIBAIGAZÍTÁS: Folyóiratunk ezévi 1. számának 52. oldalán ismertetett könyv címe helyesen: *A new look at life on Earth.*

# SZERZŐINK FIGYELMÉBE      NOTES TO THE AUTHORS

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolók, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikai szemleciók lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége Budapest, Pf. 38. 1525**

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzővel nem közöljük. A kéziratnak a következő formai igényeket kell kielégítenie:

**Címresz:** Tartalmazza a tanulmány címét, a szerző(k) nevét, munkahelyét és ez utóbbi pontos címét.

**Összefoglalás:** Külön oldalakon, magyar és angol nyelven, tartalmazza a kutatás célját, módszerét és a kapott eredményeket.

**Szövegrés:** Alcímekkel értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

**Irodalmi hivatkozások:** Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzva és a publikálás évét. Pl. egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegbe nem illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland* (1973); több szerző esetén: *Bacsó et al.* (1953). Ha adott szerzők ugyanazon évben publikált több cikkére hivatkozunk, akkor az évszámhoz *a*, *b* stb. betűket írunk. Az irodalom felsorolása a cikk végén a szerző(k) neve szerinti betűrendben történik. Folyóirat esetén: szerző(k) neve, évszám, a cikk címe, a folyóirat neve, kötetszám, kezdő és befejező oldalszám. Pl.: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65—70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyvcím, kiadó, megjelenés helye. Pl. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

**Ábrák:** A kézirat első példányához az ábrákat pausz- vagy mm-papíron, a másodikhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák aláírásait külön lapon kell mellékelni. Fényképek fekete-fehér színben, fényes, kontrasztos minőségben nyújthatók be.

**Táblázatok:** A táblázatokat római számozással, szövegükkel együtt, külön lapon kell mellékelni.

**Matematikai formulák és jelölések:** A nem latin betűket és kézzel frott jeleket a margón ceruzával írt magyarázattal kell ellátni.

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db különnyomatot kapnak. Több különnyomat a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

The purpose of IDŐJÁRÁS is to publish papers in the field of theoretical and applied meteorology. These may be reports on new results of scientific investigations or critical review articles summarizing current problems in certain subject. Authors may be of any nationality but papers are published only in Hungarian or English. Two copies of the manuscripts, typed with double space, should be sent to the **Editorial Office of Időjárás**. Address: Budapest, P. O. B. 38, H-1525, Hungary.

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

**Title:** Should contain the title of the paper, the name(s) of the author(s) with indication of the name and address of employment.

**Abstract:** Should contain the aim, method and conclusions of the scientific investigation on a separate page.

**References:** The Text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or if the name of the author cannot be fitted into the text: (*Róna*, 1909); in case of two authors: *Gamow and Cleveland* (1973); there are more than two authors: *Bacsó et al.* (1953). When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters *a*, *b* etc. At the end of the paper the list of references should be arranged alphabetically. For an article: the name(s) of author(s), year, title of article, name of journal, volume number, pages. E. g. *Dési, F.* 1955: Current problems of meteorological research. *Időjárás* 59, 65—70. For a book: the name(s) of author(s), year, title of book, publisher, place of publication. E. g. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

**Figures:** Should be prepared entirely in black India ink upon transparent paper and be attached to the first copy of the manuscript; a copy of the original figures should be attached to the second manuscript copy. The legends of figures should be given on a separate sheet. Photographs of good quality may be provided in black and white.

**Tables:** Should be separated by Roman numbers and provided on separate sheets together with relevant captions.

**Mathematical formulas and symbols:** Non-Latin letters and hand-written marks should be explained by making marginal notes in pencil.

Authors are receiving 30 reprints free of charge. Additional reprints may be ordered at the authors expense when submitting the manuscript.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

---

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1  
Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel: 353-500

Kiadja: a Lapkötő Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-235. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223  
Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



81.0077 Athenaeum Nyomda, Budapest — íves magasnyomás  
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

---

INDEX: 26 361

**HU ISSN 0324—6329**