

dr. G. H. Gustave

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA
94. ÉVF. * 5. SZÁM * 1990. SZEPTEMBER—OKTÓBER

TARTALOM

CONTENTS

Z. B. *Vukmirović*: A légszennyezettség várható értékeinek becslése pszeudologaritmikus normál eloszlás segítségével *(angol nyelven)* 249

Kapovits, A.: Az Időjárás Világszolgálat (WWW) fejlődésének hatása a magyarországi időjárás előrejelzés gyakorlatára *(angol nyelven)* 259

Bónis, K.: ^{220}Rn -ből származó természetes radioaktív aeroszol részecskék nagyság szerinti eloszlása a levegőben *(angol nyelven)* 267

Bozó, L.: A kénvegyületek globális eloszlásának és ülepedésének két-dimenziós modellje *(angol nyelven)* ... 275

Bodolainé-Jakus, E. — *Vissy, K.*: Regionálisan meghatározott mezoléptékű konvektív rendszerek a Kárpát-medencében *(angol nyelven)* 283

Bartha, I. — *Zsikla, Á.*: Időjárás radar-echók használata a balatoni viharjelzésben 296

Irodalom 308

Krónika 310

Vukmirović, Z. B.: Expected levels of air pollution in pseudo-lognormal distribution *(in English)* 249

Kapovits, A.: Impact of the developments in the World Weather Watch on weather forecasting in Hungary *(in English)* 259

Bónis, K.: On the size distribution of natural radioactive aerosol particles issued ^{220}Rn in the atmosphere *(in English)* 267

Bozó, L.: A global 2D model on the distribution and deposition of sulfur compounds *(in English)* 275

Bodolainé-Jakus, E. — *Vissy, K.*: Mesoscale convective systems determined regionally in the Carpathian Basin *(in English)* 283

Bartha, I. — *Zsikla, Á.*: Use of radar echos in storm warning at Lake Balaton 296

Literature 308

Chronicle 310

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 94. * NO. 5 * SEPT—OCT 1990 * BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

Felelős szerkesztő — Editor-in-Chief
MÉSZÁROS ERNŐ
Központi Léggörfizikai Intézet
1675 Budapest, Pf. 39.
Telefon: 158-5711

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG — EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MILOSHEV, G. (Sofia)
ANTAL E. (Budapest)	PRÁGER T. (Budapest)
BENGTSSON, L. (Reading)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
BÖHME, W. (Potsdam)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
CZELNAI R. (Geneva)	SAMAJ, F. (Bratislava)
FARAGÓ T. (Budapest)	SPÄNKUCH, D. (Potsdam)
FISHER B. (Leatherhead)	STAROSOLSZKY Ö. (Budapest)
GEORGII, H.-W. (Frankfurt a. M.)	SZEPESI D. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	TAYLOR, F. W. (Oxford)
HAMAN, K. (Warsawa)	TÁNCZER T. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KAPOVITS A (Budapest)	VITEK, V. (Praha)
KONDRATYEV, K. YA. (Leningrad)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Budapest)
MESINGER, F. (Beograd)	ZAHARIJEV V. (Sofia)

Műszaki szerkesztő — Technical Editor
SZABÓ ÉVA

Szerkesztőség: 1525 Budapest, Postafiók 38.
Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán,
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Postafiók 38.
Megjelenik kéthavonként.

Editorial Office: H—1525 Budapest, P. O. B. 38. This journal, published bimonthly, can be purchased from the distributor: KULTURA, H—1389 Budapest, P. O. B. 149
The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 94. évf. 5. szám, 1990. szeptember-október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 94 No. 5 Sept—Oct 1990. Budapest

Expected levels of air pollution in pseudo-lognormal distribution

ZORKA B. VUKMIROVIĆ

Institute of Physics

118 Maksima Gorkog, Belgrade—Zemun, Yugoslavia

Using the longitudinal ten-year data set of the 24 SO₂ concentrations in air at the Meteorological Observatory Vračar-Belgrade, an engineering concept is accepted for air quality assessment. The available data set represent successfully dominant effects on air quality of cities in a moderate climate zone. In the case of Belgrade, which is a heavily populated area with influence of strong single emittents, the probability of SO₂ occurrence is specific and cannot be described by Larsen's (LN—2) model. The LN—3 models according to Mage and Weibull are applied paralely. This analysis has shown that the preferred engineering model is Weibull's distribution. The developed methodology can be recommended for air quality assessment in the economized monitoring systems, especially for evaluation of pollution prevention efficiency.

*

A légszennyezettség várható értékeinek becslése pszeudologaritmikus normál eloszlás segítségével. Tíz év hosszúságú kén-dioxid koncentráció adatok segítségével statisztikus eljárást dolgoztak ki a légszennyezettség becslésére. A 24 órás méréseket a Vračar-Belgrádi Meteorológiai Obszervatóriumban végezték. A rendelkezésre álló adatbázis kielégítően jellemzi a mérsékelt éghajlatú nagyvárosok légszennyeződésének legfontosabb tulajdonságait. Belgrád esetén, amely egyedi források által erősen befolyásolt, sűrűn lakott város, a kén-dioxid koncentrációk előfordulási gyakorisága nem írható le a Larsen-féle modellel. Ezért a Mage és Weibull által javasolt modelleket egyidejűleg alkalmazták. Az elvégzett vizsgálat szerint a Weibull-féle eloszlás adja a legjobb eredményeket. A kidolgozott módszertan ajánlható a légszennyeződés-megelőzés hatékonyságának növeléséhez szükséges bármely ellenőrző rendszernél.

1. Introduction

Belgrade is located in a moderate climate zone with a distinct temperature difference between warm and cold seasons. The heating season lasts about six months and mainly covers the period from October 1st till March 31st of the following year. In order to be able to observe complete periods with heating and without heating, the convention in Yugoslavia is to determine air quality in one-year intervals from April 1st to March 31st.

The city of Belgrade is divided by the E-5 highway (*Fig. 1*), which carries heavy traffic throughout the year, especially during the summer months, the season of summer holidays. The urban and suburban traffic is mainly carried out by buses. Due to the intensive car traffic the air quality has worsened in recent years in the narrow streets of the old town.

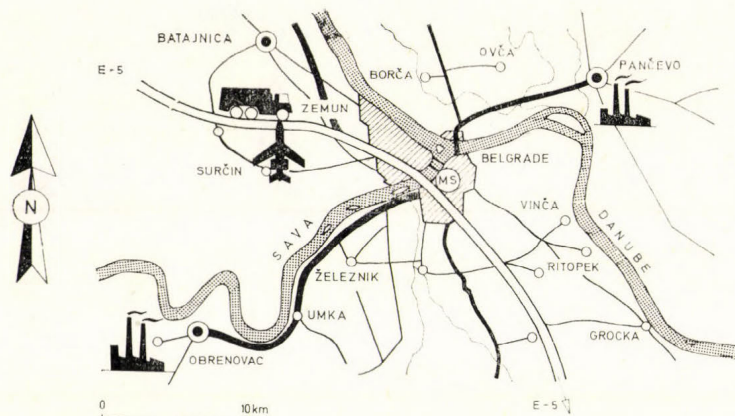


Fig. 1. Location of the Meteorological Station of Vračar-Belgrade (MS)

In the immediate vicinity of Belgrade industries have grown up that are a great source of air pollution. In the first place there is the complex of coal fired power plants at Obrenovac (Fig. 1) with maximum power of 2900 MW installed at the beginning of 1986. The total produced energy in six-month intervals (with and without heating) is presented in Fig. 2. The stack heights are not sufficient because of restrictions in the vicinity of airtraffic. The total SO_2 emission is very high since waste gases are not controlled. On the other side of Belgrade, the influence of the industrial city of Pančevo (Fig. 1.) cannot be neglected. The urban design of Pančevo, which includes a nitrogen fertilizer plant, a petrochemical industry and an oil refinery without cleaning of waste gases, and all within on a small area, has caused episodes of photochemical smog in summer months (Vukmirović et al, 1987). Under these circumstances, the SO_2 oxidation into sulfates is faster so that the concentrations in the summer season are controlled by chemical transformation processes.

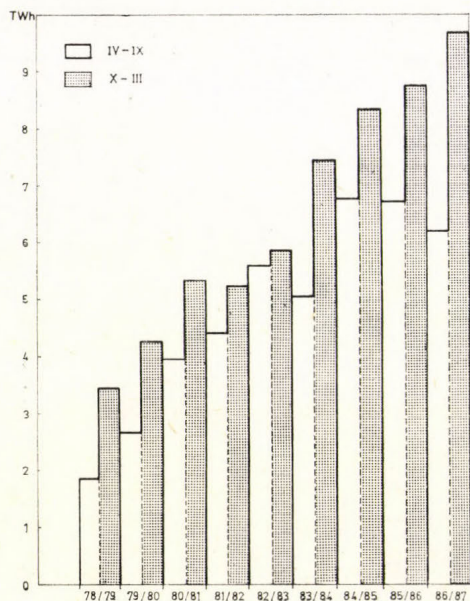


Fig. 2. Produced energy in the coal-fired power plant „Nikola Tesla” at Obrenovac

Using air trajectories it may be shown that pollutant transport from one side of the basin to the other is a normal occurrence and that air pollution in Belgrade is a city-wide problem (Vukmirović and Vukmirović, 1984). Fortunately, the city area is under the influence of a strong wind called the Košava (SE, SSE and ESE) which comes from a relatively unpolluted direction (Fig. 1). This wind usually blows one, two or seven days. The measured concentrations of SO₂ in air masses brought by Košava are 3–10 µg m⁻³ in summer and 6–15 µg m⁻³ in winter. The urban part of the city is topographically very complex, for that reason in lower parts (below 100 m above sea-level) the positive influence of this wind is hardly felt. However, the Meteorological Station of Vračar (MS in Fig. 1) with coordinates: H_s = 132 m, φ = 44° 48' N and λ = 20° 28' E, is representative for investigating dominant influences. Compared to the measured SO₂ concentration during a multi-year period in a network of air quality measurements in Belgrade, this measuring site has shown an „average state” (Vuković, 1986). Statistical analysis of these long-term concentrations data pointed to significant discrepancies from the lognormal distribution of air pollutant concentrations according to Larsen (Vuković, 1986). Supposing that air pollution in Belgrade is defined by other factors the modified model of pseudo-lognormal distribution according to Mage (1984) seems to be more adequate description of air quality. The Weibull distribution (GOST, 1980) has also been considered as a possible model.

2. Measurement methods

The Meteorological Station of Vračar is equipped by instruments for determining meteorological parameter according to WMO standards. At the meteorological station SO₂ has been measured by wet methods in 24-h air samples (low volume). Samplings were begun at 07 h according to Central European time. At the same site a Meloy SA 285 analyzer has been set up, which is automatically calibrated every 23 h by a permeable tube with liquid SO₂ (NBS). For the purpose of this work, discrete daily samples have been analysed. In the years 1977/1978 and 1978/1979 SO₂ was measured by the pararosaniline method (Hertzenndorf, 1973) and later the thiorin method (EMEP, 1977) was applied.

The sensitivity treshold is 3 µg SO₂ m⁻³ and 5 µg SO₂ m⁻³ for continuous

TABLE 1

Statistical parameters of the SO₂ distributions, where X and C_v are the concentration and coefficient of variation, respectively

April 1- March 31	Sample volume	Arith. mean, X µg m ⁻³	Mean square	C _v	X _{min} µg m ⁻³	Median X ₅₀ µg m ⁻³	X _{max} (Date) µg m ⁻³
77/78	357	98.2	16 140	0.68	5	75	772 (Dec. 14, 77)
78/79	357	116.4	23 948	0.77	5	88	723 (Dec. 18, 78)
79/80	355	111.7	19 813	0.59	5	89	534 (Jan. 29, 80)
80/81	357	120.7	25 148	0.73	5	83	680 (Dec. 12 & 16, 80)
81/82	357	96.6	16 365	0.75	5	74	372 (Nov. 4, 81)
82/83	360	98.1	13 952	0.76	5	72	904 (Dec. 7, 82)
83/84	348	88.5	17 382	1.03	5	66	596 (Dec. 6, 83)
84/85	355	101.4	15 625	0.52	5	88	544 (Jan. 8, 85)
85/86	357	95.9	13 646	0.48	10	76	342 (Dec. 6, 85)
86/87	343	166.2	51 584	0.87	5	106	930 (Dec. 4, 86)

and discrete methods, respectively. The accuracy of the applied discontinuous methods are 5% on the 95% confidence level for concentration in the range from 40 to 240 $\mu\text{g SO}_2 \text{ m}^{-3}$. For concentrations outside of this range the error is approximately twice larger. The discrepancies between discontinuous methods and automatic measurements were in the range of 10% on the 95% confidence level.

The collection efficiency is relatively high (*Table 1*) and missing data were evenly distributed throughout the year except in the winter of 1980 when samples were frozen on days when maximum concentrations could have been expected.

3. Analysis and discussion

The results of measurements were first prepared in order to determine the parameters a , b and c in Mage's model (Mage, 1984) (*Table 1*). A striking fluctuations of yearly maxima should be noted. The maxima appear as cuttings after gaps in the distributions and a poor fitting in the range of high percentiles (higher than 95%) is to be expected. An analysis of this phenomenon is not possible with the available set because of the missing part of data.

In order to determine a , b and c in Mage's model the following statistical parameters are used:

Probability density function $f(x)$

$$f(x) = p(A' \cap B' \cap C') = ABC \left\{ \exp(-ax) + \exp[-(a+b+c)x] - \exp[-(a+b)x] - \exp[-(a+c)x] \right\} \quad (1)$$

Pre-exponential term, ABC

$$ABC = [1/a + 1/(a+b+c) - 1/(a+b) - 1/(a+c)]^{-1} \quad (2)$$

Arithmetic mean, \bar{X}

$$\bar{X} = ABC [1/a^2 + 1/(a+b+c)^2 - 1/(a+b)^2 - 1/(a+c)^2] \quad (3)$$

Mean square

$$1/N X^2 = 2 ABC [1/a^3 + 1/(a+b+c)^3 - 1/(a+b)^3 - 1/(a+c)^3] \quad (4)$$

Cumulative distribution function, $F(X)$

$$F(X) = 1 + ABC \left[\frac{e^{-(a+b)x}}{(a+b)} + \frac{e^{-(a+c)x}}{(a+c)} - \frac{e^{-ax}}{a} - \frac{e^{-(a+b+c)x}}{(a+b+c)} \right] \quad (5)$$

where x presents a single concentration. The Mage's model is valid for a coefficient of variation, C_v , which satisfies: $0.33 < C_v^2 < 1$.

The data cited in *Table 1* are fitted to equations 3 to 5 as a system of non-linear equations. The observed values of median are used for $F(\bar{X}) = 0.5$ in Eq. (5). Parameter values shown in *Table 2* are singlet solutions of the interval method calculation (Slavić, 1987). Since the coefficient of variation of 1983/1984 distribution is higher than 1, this data set is treated in a particular

way. Also, the last distribution is bimodal (see later in Fig. 5), and a graphical method seems to be appropriate. The choice of the graphical analysis is performed after the results obtained are summarised.

With the assumed condition $b = c$, Eqs (2—5) could be transformed into the following forms:

$$ABC = [1/a + 1/(a+2b) - 2/(a+b)]^{-1} \quad (6)$$

$$\bar{X} = ABC [1/a^2 + 1/(a+2b)^2 - 2/(a+b)^2] \quad (7)$$

and

$$F(X) = 1 + ABC \left[\frac{2e^{-(a+b)x}}{(a+b)} - \frac{e^{-ax}}{a} - \frac{e^{-(a+2b)x}}{(a+2b)} \right] \quad (8)$$

Further simplification is possible when $b \gg a$:

$$\bar{X} = 1/a + 3/2b \quad (9)$$

$$F(X) = 1 - (a\bar{X})e^{-ax} \quad (10)$$

Using Eqs. (9 and 10) the a and b parameters for 1983/1984 and 1986/1987 are calculated (the last by a graphical method). Seven of the ten observed distributions tend to be exponential (Table 2). The agreement between the observed and calculated values for X_{90} is unexpectedly good, but some discrepancies exist in the case of X_{10} . The lowest value of X_{10} in 1981/1982 can be explained by intense homogeneous chemical transformation reactions in the summer (Vukmirović *et al.*, 1987).

These concentrations generally cover the season without heating when the meteorological conditions as well as the strong single emittents mainly influence their concentration level. In addition, the accuracy of concentration determinations is limited in the range of X_{10} . Taking into consideration all these factors, a geometric mean of the theoretical values of X_{10} and X_{90} is proposed

TABLE 2

Calculated parameters according to Mage's MPLD and exponential probability model

Interval	a	b = c	X_{10}		X_{90}		$(X_{10} \cdot X_{90})^{1/2}$
			obs.	exp.	obs.	exp.	
77/78	0.0126	0.0696	19	24	204	205	70
78/79	0.0100	0.0808	17	25	251	250	79
79/80	0.0121	0.0412	24	31	226	224	83
80/81	0.0093	0.1300	27	22	250	260	76
81/82	0.0122	0.0890	8	22	211	205	67
82/83	0.0137	0.0750	15	22	172	187	64
83/84	0.0112	0.3500	15	16	206	208	54
84/85	0.0159	0.0248	24	33	198	193	80
85/86	0.0152	0.0391	30	28	194	185	72
86/87	57% 0.0068*	>3	22	16		339	74
	43% 0.0068*						

*graphically

for calculation of the average state (Table 2). It is obvious that this value can serve only as an indication. The complete average state analysis is performed by using the Weibull probability model (GOST, 1980).

Cumulative distribution function in Weibull's model can be presented as:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x-c_w}{a_w}\right)^{b_w} \text{ for } x > c_w \quad (11)$$

and

$$F(x) = 0 \text{ for } x \leq c_w$$

After a double logarithmic transformation, Eq. (11) becomes

$$\log[-2.3 \log(1-F)] = b_w \log(x-c_w) - b_w \log a_w \quad (12)$$

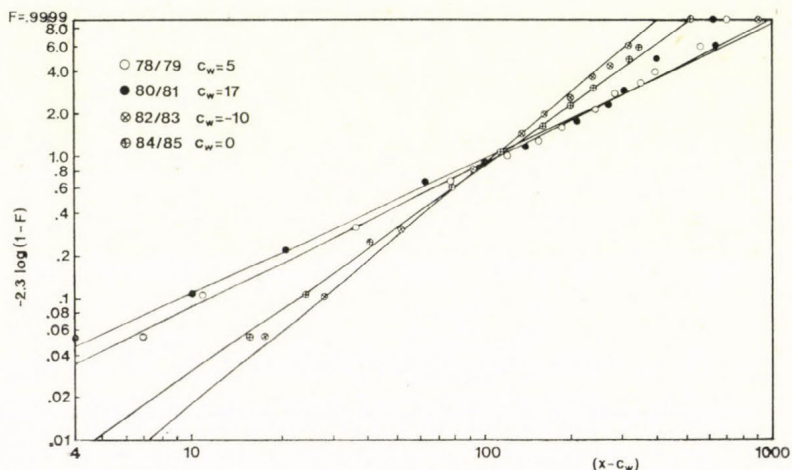


Fig. 3. Graphical presentation of the SO₂ concentration distributions in Belgrade according to Weibull's model (GOST, 1980)

According to the GOST standard the most suitable way for interpretation is the moment method. It is necessary to calculate the skewness, ρ_v :

$$\rho_v = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{S_a^3} \quad (13)$$

When ρ_v is known, b_w may be determined from GOST — standard tables. Solving the following equation for $b_w > 1$

$$n \cdot b_w \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - c_w)^{b_w-1}}{\sum_{i=1}^n (x_i - c_w)^{b_w}} - (b_w - 1) \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i - c_w} = 0 \quad (14)$$

c_w can be obtained. The general formula for a_w is:

$$a_w = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - c_w)^{b_w} \right]^{1/b_w} \quad (15)$$

The iteration method is suitable for Eq. (14). For $b_w < 1$ the standard recommends that $c_w = X_{\min}$.

Applying the moment method to the 1982/1983 data the following values for a_w , b_w , and c_w are obtained 35.4; 0.652 and 31.9, respectively. Using the recommendation of the GOST standard that $c_w = X_{\min}$, the value of 71.5 is obtained for a_w . Both calculations are rejected for 1982/1983 in accordance with chi-square test.

The 1982/1983 data has shown a mathematical formalism of the moment method. In order to exclude this possibility, an additional criterion must be introduced for the engineering application:

$$c_w < X_5 \quad (16)$$

In this way c_w can be graphically determined from log-log distribution curve by extrapolating the linear part to $F = 0.05$.

Taking into consideration this defined criterion, the Menon's procedure (GOST, 1980) is applied for nine-year data set. This procedure is valid for the sample volume, n , greater than 120.

$$\ln X_g^W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln (x_i - c_w) \quad (17)$$

$$\ln S_g^W = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \ln (x_i - c_w) - \ln X_g^W \right]^{1/2} \quad (18)$$

where X_g^W and S_g^W are geometric mean and standard geometric deviation of the shifted Weibull's distribution, respectively. By using relations:

$$b_w = \frac{\pi/6}{\ln S_g^W} \quad (19)$$

$$a_w = \exp (\ln X_g^W + \gamma/b_w) \quad (20)$$

and $\pi/6 = 1.282555$ and Eulerian constant, $\gamma = 0.57722$, the values parameters of a_w and b_w can be calculated.

Consequently Eqs. (19) and (20) yield:

$$a_w = X_g^W \cdot (S_g^W)^{0.45} \quad (21)$$

The results are shown in Table 3 and Fig. 3.

This analysis can show the efficiency of the measures that the variable should not exceed the desired level. In the observed cases the maximal permitted concentration (MPC) is $150 \mu\text{g SO}_2 \text{ m}^{-3}$ and the minimum of violations is found in the 1982/1983 interval (Fig. 4). The slope could be tangential with

TABLE 3
 Statistical parameters according to modified Menon's procedure (GOST, 1980)

Interval	a_w	b_w	c_w	X_g^w	S_g^w	$DI = X_g^w + c_w$
77/78	97.3	1.093	5	57.3	3.23	62.3
78/79	110.5	1.007	5	62.2	3.58	67.2
79/80	117.4	1.310	0	75.5	2.71	75.5
80/81	102.5	0.949	17	55.8	3.86	72.8
81/82	115.1	1.189	-5	70.8	2.94	65.8
82/83	106.2	1.696	-10	75.6	2.13	65.6
83/84	83.7	0.930	5	45.0	3.97	50.0
84/85	111.1	1.441	0	74.4	2.44	74.4
85/86	92.5	1.338	10	60.1	2.60	70.1

the ordinate of $X = 150 - c_w$ if legal provisions have been satisfied. The increased values of b_w parameter above 1 and $c_w < 0$ indicate how the prevention against high concentration occurrence was successful. At the same time, it might be a sign of the warm winter.

The average state can be represented by Distribution Index (DI) which is the geometric mean of the shifted Weibull's distribution with addition of the parameter c_w :

$$DI = X_g^w + c_w \quad (22)$$

When $c_w < 0$, the distribution is shifted in the sense of higher values and the average state must be reduced for the shift parameter value.

The obtained values of DI (Table 3) are very similar to predicted levels in Table 2 (see also Fig. 4). Using Eq. (19—21) and graphically determined parameters (Fig. 5) the following values are calculated: 74, 47 and 93 for 1979/1980, 1983/1984 and 1986/1987, respectively. In a relatively short period the average state has oscillated in wider boundaries. In the first place, this is the consequence of the uncontrolled — meteorological factors. The prolonged winter in 1986/1987 exhausted reserves of the good quality coal and caused an inadequate fuel consumption for heating.

The role of the Košava wind for air pollution levels in the atmosphere of Belgrade (Table 4) is positively confirmed. The poor overlapping in 1986/1987 and the existence of the bimodal distribution (Fig. 5) also confirm the hypoth-

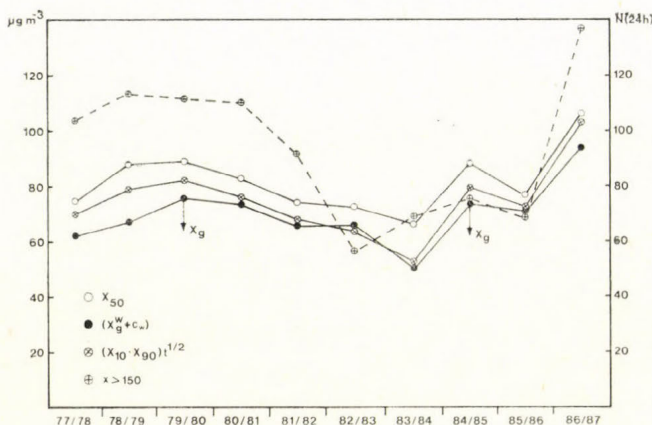


Fig. 4. Average state of the SO₂ content in air at the Meteorological Station of Vračar-Belgrade in the period from April 1, 1977 to March 31, 1987

TABLE 4

Influence of the Košava wind on the SO_2 concentrations in air at Meteorological Station of Vračar

Interval	DI	Number of days			
		Apr.—Sept.		Oct.—March	
		Košava	$x > DI$	Košava	$x < DI$
80/81	73	55	43	82	28
82/83	66	64	43	80	29
83/84	50	76	43	81	28
86/87	93*	62	22	65	15

*graphically

esis about data population in pseudo-lognormal distribution from different sources. In the period October 1986 to the end of March 1987, an unusual low frequency of the Košava days was registered (Table 4) and it could be one of the dominant factors for the bimodal distribution occurrence.

The single emittents have shown an increasing energy production (Fig. 2) and their emission contribution (controlled factors) seems to be greater than positive effects of air pollution prevention measures as well as warm winters. The maximal number of the summer SO_2 concentrations higher than MPC had been registered at the Meteorological Station of Vračar in the period from May to September 1984 and 1985, when a maximal summer energy production was reached (Fig. 2). As it can be seen (Table 3) the average state in 1979/1980 and 1984/1985 is practically the same in spite of the very different number

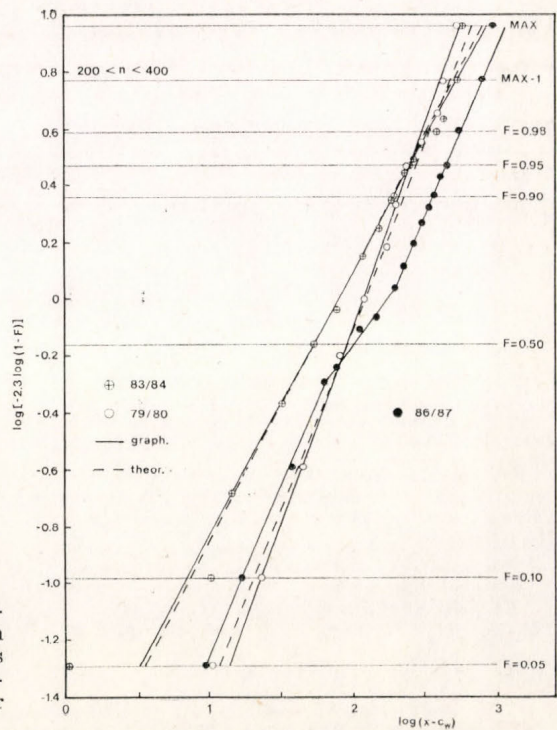


Fig. 5. Graphical determining parameters of Weibull's distribution (graph) and an application of Menon's procedure (GOST, 1980) with graphically determined shift parameter (theor)

of violations (Fig. 4). Taking into consideration that windows are closed in winter, one may be concluded that the yearly dose for 1500,000 habitants was greater in the later interval.

In order to calculate the average state tendency, the extremes are excluded and an increase of 9% for ten years is found the basis of DI values, although values of X_{50} and $(X_{10} \cdot X_{90})^{1/2}$ show a decreasing tendency for 7% and 5%, respectively. An enormous increasing of the values of all the statistical parameters in the last interval (Table 1 and Fig. 4) positively confirm the trend calculated according to Weibull's model.

The previous consideration indicates Weibull's model as favorable for describing expected levels of air pollution in pseudo-lognormal distributions. When a theoretical approach is difficult or impossible, a partial graphical solving allows an air quality assessment to be put into a compatible system (Fig. 5). Beside that, the graphical presentation in log-log scale is very appropriate for data consistence test (Figs. 3 and 5).

4. Conclusion

The principal characteristics of the SO_2 concentration distribution in the atmosphere of a city in a moderate climate zone are illustrated. The average state differs from the median and in most cases from the geometric mean. The 3-parameter models of pseudo-lognormal distribution according to Mage (1984) and Weibull (see GOST, 1980) are tested, respectively. However, Mage's model cannot afford an explicit analytical term for describing average state. *Vice versa*, the special feature of Weibull's model is that of having an opportunity to determine the shift parameter value graphically and to apply Menon's procedure (GOST, 1980) of the theoretical approach to calculating the geometric mean of the shifted distribution.

The geometric mean of the shifted pseudo-lognormal distribution with addition of the shift parameter value signed plus or minus is proposed for the average state assessment. This distribution index (DI) satisfactorily accommodates the effects of controlled and uncontrolled factors into a compatible system and therefore it seems to be favorable for trend analysis.

REFERENCES

- EMEP, 1977: *Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe. EMEP/CHEM 3*, Lillestrom
- GOST, 1980: *Applied Statistic. Point and Interval Estimators for Parameters of Weibull Distribution*. Standard Publishing, 11.007—75 (ST SEV 877—78) Moscow.
- Hertendorf, M. S., 1973: *Air Pollution Control Guide Book to US Regulation*. Technomic Publishing Co. Westport.
- Mage, D. T., 1984: Pseudo-lognormal distributions, *J. Air. Poll. Contr. Assoc.* 31, 374—377.
- Slavić, D., 1987: Interval method (Serbo-croatian), *Computers* 27, 54—56.
- Vukmirović, D. and Vukmirović, Z., 1984: Analysis of probability of photooxidant-high-concentration occurrence in Belgrade in dependence on the lower troposphere structure. *Medizin-Meteor.* 2, 23—24.
- Vukmirović, Z., Spasova, D., Marković, D., Veselinović, D., Vukmirović, D., Stanojević, C., Popović, M. and Hadzipavlović, A., 1987: Some characteristics of oxidant occurrence in the atmosphere of Belgrade, *Atmos. Environ.* 21, 1637—1641.
- Vuković, T., 1986: Realibility intervals of lognormal distribution of SO_2 concentrations at measuring stations in Belgrade (Serbo-croatian). *Zast. atm.* 14, 9—12.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 94. évf. 5. szám, 1990. szeptember-október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 94 No. 5 Sept—Oct 1990. Budapest

Impact of the developments in the World Weather Watch on weather forecasting in Hungary*

A. KAPOVITS

*Central Institute for Weather Forecasting
H—1675 Budapest, P.O.Box 32*

Developments in the WWW are reviewed in brief. In parallel, progress of weather forecasting in Hungary is presented and some impacts of the WWW on the Hungarian operational practices are highlighted.

*

Az Időjárás Világszolgálat (WWW) fejlődésének hatása a magyarországi időjárás-előrejelzés gyakorlatára. A szerző röviden áttekinti az Időjárás Világszolgálat fejlődését. Ezzel párhuzamosan bemutatja a magyarországi időjárás-előrejelzése gyakorlatának alakulását, rámutatva, hogy a WWW fejlődése milyen módon hatott erre a folyamatra.

1. The development of the World Weather Watch

The primary purpose of the WWW, the concept of which was adopted by the Fourth World Meteorological Congress in 1963, is to provide observational meteorological data and processed products to all Members of the WMO in support of their services to users in real-time and non-real-time operations. The WWW has a three level structure, it organizes the observing, data processing and telecommunication systems at national, regional and global levels.

Taking into account the whole spectrum of weather phenomena, and the requirements for weather forecasts on all scales, the necessary mechanisms have been defined on the basis of a system approach. By the end of the sixties the major components of the basic systems were put into operation, including the surface-based and space-based subsystems, the network of international meteorological centres for the processing of observational data and preparation of analysis and forecasts products, and the telecommunication facilities and arrangements necessary for the rapid and reliable collection and distribution of the required observational data and products. The WWW has influenced the meteorological services of the Member countries in many ways; the system approach became widely adopted and an internationally co-ordinated planning and cooperation activity for WWW implementation gained strength.

There was a long period of time up to the eighties when it was thought that 100% of availability of observational data at the centres, or a figure close to

* Revised version of the paper presented to the XIth Joint Session of the Hungarian and Czechoslovak Meteorological Societies, August 1989, Gödöllő, Hungary

that, would be a goal of the implementation of the WWW. Monitoring the status of the WWW through many years (see in the *Series of WWW Status Reports on Implementation*) has revealed, however, that a 100% implementation can not be achieved. It was also shown that meeting the requirements does not change very much from year to year in a given region, whereas the performance may greatly differ from one region to the other, depending in the economic-technical conditions of the Member countries.

In the meantime there was a rapid development of communications and of computer and display technology, all based on the evolution of solid state integrated circuits, coupled with improvements in both in-situ sensors and remote sensing from satellites. As a result of all these, the space-based observing subsystem consisting of a set of polar-orbiting and geostationary satellites (although not exactly as it was planned) was completed by the mid-seventies and the surface-based subsystem by the early eighties was enriched by systems of fixed and drifting buoys of different kind over the oceans. Weather radar networks and an increasing number of telemetering observing stations were deployed on land.

In order to include all the data from different sources in the international data transmission speed had to be increased from a few hundreds of bps up to 9600 bps or several times more, a subset of protocols had to be used for access to a variety of services and incorporation of data collection and data distribution capabilities of satellites in telecommunication became advisable. Parallel to this progress, methods for complex analysis of data from different sources have been developed and some forecast centres have reached the capability of issuing NWP products for periods up to five-seven days in advance (*Bengtsson, 1986*).

The First GARP Global Experiment in 1978—1979 and its subsequent subprogrammes (*Götz, 1977*) played an essential role in achieving these results and gave stimulus to revising and modernizing of the basic systems which process led to the concept of an integrated WWW that is capable to incorporate the results of new methodology and techniques. Certain support functions like data management, implementation support activity and co-ordination contributed to the success of such an integrated WWW.

The evaluation of the status and performance of the WWW system can be done in various ways. The system can be characterized by the number of observing stations reporting, or by the variety of data sources. It can be evaluated according to the data volume circulating in the system or by the speed and reliability of data transmission. The system can also be characterized by the quantity and quality of the processed numerical products provided. If one wants to demonstrate the developments by the increase of numerical products processed and disseminated on the GTS by international meteorological centres, one can show that the number of products has been multiplied during the past 10—15 years (for example, number of products of RSMC Bracknell is nine times and that of WMC Washington is three times as much as compared to that in 1975).

As far as the improvement in quality of forecasts is concerned there has been some improvement in short-range forecast for 1—2 days ahead but the greatest advance has been made in the provision of reliable medium-range forecast for up to 4—5 days ahead, together with useful guidance for up to 6—7 days. Whilst the numerical forecast, especially the surface forecasts, are far from perfect and can usually be improved significantly by intervention of the human forecaster, they have led to a greater degree of continuity, consist-

ency and confidence in even the short-range forecasts, as compared to forecasts which depended entirely on personal experience, skill and judgment of the forecasters.

The improvements outlined above were due to developments in the whole system, and in particular to the progress made in the field of computer techniques and numerical weather prediction, including both the model and the data assimilation system. The ECMWF can be mentioned first in this respect which currently distributes over 10 000 products each day (*Bengtsson, 1986*).

It is also of great significance that beside the reliable transmission by facsimile of the products in large numbers, transmission of products in some forms (GRID or GRIB) of gridded fields has been successfully introduced in telecommunication. This made further processing possible for interpretation purposes and for input to physical models.

2. *Developments in weather forecasting in Hungary*

Developments of the WWW, directly or indirectly, have influence on the activities of the NMCs. It is the Central Institute for Weather Forecasting that performs the duties of a NMC in Hungary. Its primary task is to provide weather forecasts on the whole spectrum of predictability to the general public, the governmental authorities and the different spheres of the national economy.

In the course of weather forecasting practices over almost one hundred years in Hungary, synoptic methods based on the analysis of weather situations were dominating till the early sixties for preparing short-range weather forecasts. There was a period between 1947 and 1968 during which medium-range weather forecasts for the next two weeks, made on the basis of periodicities in certain weather elements, were issued.

A very characteristic feature of the Hungarian weather forecasting practices has been, for more than fifty years now, a severe weather warning service in summer at Lake Balaton, for the protection of life and property (*Böjti and Mezősi, 1984*). Introduction into the operational practice in the fifties and early sixties of the so-called advective-dynamic analysis and the intensive investigations in the sixties on mesosynoptic weather phenomena made significant contributions to weather warnings in the region (*Götz et al., 1966*).

From the late sixties the Hungarian forecasters' work was supported by weather radar observations and meteorological satellite information. By this time a staff of 20—30 meteorologists, with a university degree and with experience of a few years in weather forecasting, worked for the institute. These were the conditions in Hungary before starting the WWW programme of the WMO.

It was very fortunate for the meteorologists in Hungary that the promulgation of the new economic policy by the Hungarian government coincided in time with the first years of the implementation of the WWW. The new economic policy encouraged the provision of services to a wide range of social and economic users in order to promote development. For this it was necessary to develop a policy and a cost-recovery scheme for funding special value added services on contractual basis. We began to deal systematically with the promotion of the use of weather forecasts in the national economy (*Czelnai, 1976*) and established contacts with the potential users of our products. As a consequence of our efforts to explore and meet users' requirements lots of new

forecasting methods have been developed. An increasing number of reliable numerical products from international meteorological centres greatly contributed to the success of this work, beside a marked progress in the observing and telecommunication systems.

Several factors converged to make the seventies a turning point in weather forecasting in Hungary. A new way of thinking in terms of systems, and system approach to the WWW, was gradually evolving and commonly accepted. The new concepts are well documented in the long-term plan of the Hungarian Meteorological Service which covered the years up to 1990. The concept of development of weather forecasts had been considered in detail. The conclusion was to increase weather forecasting skill by the use of regular verification and to put an increasing emphasis on widening the information content of weather forecasts. This led to the increasing of the number of useful statements on expected weather in weather forecasts to meet a wide range of users requirements. Weather forecasting was extended over the whole spectrum of predictability, to include also medium and long-range forecasts and even seasonal forecasts which became a common practice in Hungary.

Techniques for weather warnings at Lake Balaton were also further developed. Estimates of crop yields were introduced into operational practice for agricultural purposes (*Kmetykó*, 1979). Bio- and medical-meteorological weather warnings and quantitative precipitation forecasts for the catchment areas of the Danube and Tisza rivers became an everyday practice (*Bodolainé Jakus*, 1976).

Modernization of our weather forecasting system has been promoted by external factors. Perhaps the availability of reliable NWP products issued by the GDPS centres can be mentioned first, and the distribution of these products in the form of gridded fields making possible their further processing can be added (*Kapitány* and *Maller*, 1989). Automation of our telecommunication center in 1978, based on an IBM System/7 computer with a software system developed by our own staff played the key role in this process. In order to properly use all the data and products available, all the weather maps, used in our operational work, were standardized (*Tóth* and *Vesza*, 1983) and maps of polar stereographic projection have been exclusively used since 1982. In connection with the above-mentioned progress an upswing can be observed in researches into the statistical properties of meteorological fields and in the use of their regularities, especially for medium- and long-range forecasts (*Péczely*, 1957; *Maller et al.*, 1986; *Bartholy* and *Kaba*, 1987; *Titkos* and *Maller*, 1979; *Götz* and *Kaba*, 1986). Interpretation of the meteorological fields by the aid of PPM techniques became widely used for short-range predictions (*Aigner*, 1979). The basic approach is to use statistical techniques to develop equations which translate the output of the numerical models into local weather information (ELAN). This is already the transition, however, leading from the seventies onto the eighties.

At the very beginning of this decade a multipurpose national weather radar network was implemented for weather warnings and very-short-range forecasting in the service of the general public and the national economy, especially of aviation and hydrology (*Kapovits*, 1984). By this time application of satellite information came into general use by means of local SDUSs capable for the reception of the analogue METEOSAT images and for making enhancement and motion picture in loops. Inclusion of the remotely sensed data in weather analysis led to experiences in complex analysis and gave impetus to develop a nowcasting system (OLVR) the basic concept of which had been elaborated

long ago (Vissy, 1981). These observing systems have the inherent capability of describing the flow and the thermodynamic structure of the atmosphere with much higher resolution than can be envisaged with conventional networks and provide significant information for conducting weather warnings, meso-scale weather forecasting, including quantitative precipitation forecast in flash-flood conditions and for initializing limited area and fine-mesh models (Bartha, 1987; Bonta and Takács, 1988; Dévényi, 1987).

Preparation and distribution of hundreds of weather forecasts create an exhausting burden on the synoptic meteorologists every day. In order to ease their work an inexpensive interactive system (GROG) has been developed for

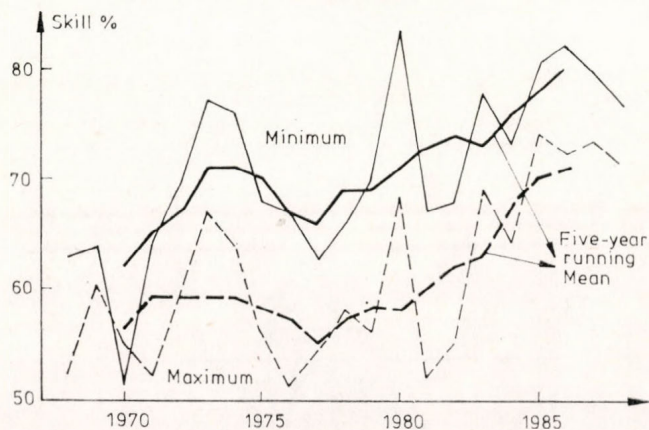


Fig. 1. Operational system of the Hungarian NMC

tailoring and distributing weather forecasts (Aigner *et al.*, 1988). A few hours hard work of two forecasters can be accomplished in half an hour or so with the help of this system. Still keeping in mind facilitating the synoptic activity, telecommunication based on the data management concept has been restructured by assigning pre-processing of data to its task (decoding, plotting, analysing the different data and data fields and presenting them in pictorial form on maps, graphs or displays to the forecasters). All this is done by a set of microcomputers. This forms part of a LAN which is in the development phase, through which all the work-stations of the institute will have a direct access to the products produced by any station of LAN (Fig. 1).

By the time when all this will be done, the weather forecasters' working places will completely change into automated work-stations where paper work will be replaced by the use of keyboards and displays. Development of weather forecasting in Hungary in this decade has become characterized by the everyday use of automation devices based on microcomputer techniques. These techniques make possible the rapid processing of data sets from conventional and new sources in many convenient forms and also the rapid distribution of the products, while scores of programmes requiring much computation can easily be applied.

Computer technique for weather forecasting was applied in our institute first for long-range forecasting on an IBM 370/155 computer hired from the National Center of Statistics. Now these programmes are run on the BASF 7/61 computer of the Computer Center of the Hungarian Meteorological Serv-

ice. An extended use of microcomputers remained, however, the main feature of our practice. In the next phase, our attention is going to be focussed on the use of a mainframe computer for the operational running of a Limited Area Model (LAM), acquired most recently from the SMHI. The BASF 7/61 computer of the HMS will be just sufficiently powerful for that task.

3. Concluding remarks

Summing up the overall result of the developments in the Hungarian national weather forecasting practices during the past two decades, we may say that our forecasts, disseminated through the mass media meet the needs

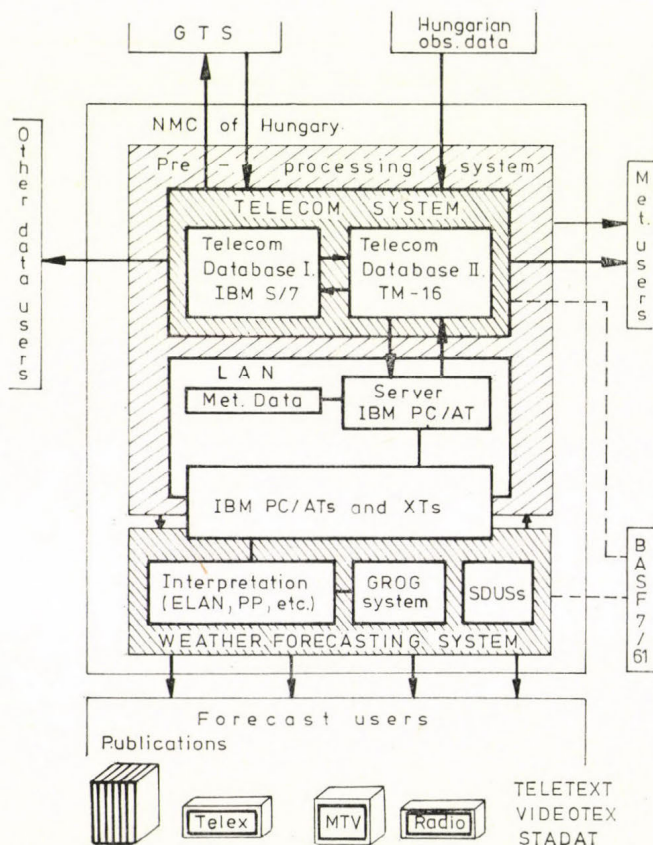


Fig. 2. Skill of medium-range forecasts (2—5 days) of extreme temperatures in Hungary (Average values of relative frequency of forecasts for which $|T_{obs} - T_{pred}| < 2^\circ\text{C}$)

of the public at large (Vissy, 1988) and are received with general satisfaction. The same can be said about our value added services for the various user groups in our national economy. Their satisfaction with forecasts is demonstrated by an increasing contractual income of our institute that has been multiplied and reached the two thirds or our budget in the last year, in spite of the worsening economic conditions.

The prestige of our forecasts becomes increasingly established, they gradually improve, and we are in the position to meet an increasing variety of users' requirements. Verification is a useful instrument to justify this statement. Different verification statistics (Koppány, 1975; Koppány et al., 1977) have been tried in practice, generally on samples (Koppány and Sallai, 1984, Kapitány and Maller, 1989) and most recently on-going verification of selected forecast elements of short- and medium-range has been introduced. Figure 2 provides a good illustration for the increasing improvement of medium-range weather forecasts.

The impacts of the development of the WWW system have been decisive on the Hungarian weather forecasting practices which are summarized in this presentation. In addition, even the limited technology transfer, that has been possible through the active participation of our experts in various commissions, working groups, and study groups of WMO, through attending seminars, symposia and workshops, and through the very few foreign experts' visits to Hungary, played a very important role. Development of more concrete forms of international co-operation provided access to data bases and new NWP products, including the acquisition of the LAM from the SMHI, which shall have significant influence on our operational work.

Beside the achievements summarized above there is a lot of tasks that remains to be done, especially in the full use of the data available on the GTS, in quality control and monitoring of the data flow and in the development of our telecommunication system. It is also clear that while we have the benefits from the WWW we also have international obligations to contribute through our observational data and through taking part in the development and implementation of the integrated WWW, to the extent permitted by our possibilities and capabilities.

REFERENCES

- Aigner Sz., 1979: Szinoptikus-statisztikus előrejelzési módszer az időjárás rövid-távú előrejelzésére a Kárpát-medencében. *Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai XLVIII*, Budapest, 52—60.
- Aigner, Sz., Boncz, J. and Kapovits, A., 1988: An inexpensive interactive system for tailoring and distributing weather forecast on all scales. Lecture presented to TECOFOR on CBS—IX, Geneva (manuscript, at the Library of the Central Institute for Weather Forecasting, Budapest).
- Bartha, I., 1987: An objective decision procedure for prediction of maximum wind gusts associated with Cb clouds. *Időjárás* 91, 330—346.
- Bartholy J. és Kaba M., 1987: A Hess-Brezovszky-féle makroszinoptikus típusok meteorológiai-statisztikai elemzése és korrekciója. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 57., Budapest.
- Bengtsson, L., 1986: ECMWF — ten years of European meteorological cooperation. *Meteor. Mag.* 115, 150—157.
- Bodolainé Jakus E., 1976: Mennyiségi csapadék-előjelzés a Duna és a Tisza vízgyűjtő területére a csapadékok létrehozó folyamatok találkozási modellje alapján (manuscript, at the Library of the Central Institute for Weather Forecasting, Budapest).
- Bonta I. és Takács Á., 1988: Heves esőzés veszélyét jelző rendszer kiépítése Magyarországon. *Országos Meteorológiai Szolgálat Kisebb Kiadványai* 63, Budapest.
- Böjti B. és Mezösi M., 1984: 50 éves a balatoni viharjelzés. *Légtér* XXIX, 4. szám, 14—16.
- Czelnai R., 1976: A meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságáról. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 9, Budapest.
- Dévényi, D., 1987: Satellite information in the objective analysis of meteorological fields. *Adv. Space Res.* 7, 357—362.
- Götz, G. (red.), 1966: Sturmwarnung am Balatonsee. *Veröffentlichungen der Ungarischen Zentralanstalt für Meteorologie*, Band XXX., Budapest.

- Götz G., 1977: A Globális Légkörkutató Program (GARP). *Meteorológiai Tanulmányok* No. 17, Budapest.
- Götz G. és Kaba M., 1986: A havi és évszakos éghajlati előrejelzések alapjai és gyakorlati módszerei. *Országos Meteorológiai Szolgálat Kiseb Kiadványai* 59, Budapest.
- Kapitány, E. and Maller, A., 1989: Hungarian experiences in the use of NWP products from the ECMWF and WMC Washington. *Hungarian Meteorological Service*, Budapest.
- Kapovits, A., 1984: A multi-purpose weather radar network. *Proc. Nowcasting-II Symposium*, Norrköping, Sweden.
- Kmetykó K., 1979: Terméshozam előrejelzése meteorológiai paraméterekkel. *Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai* XLVIII, Budapest.
- Koppány Gy., 1975: A meteorológiai előrejelzések verifikációjának módszerei. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 5, Budapest.
- Koppány Gy., Rábai A. és Szalma J., 1977: Útmutató a rövidtávú időjárás-előrejelzések verifikálására és információ-tartalmának meghatározására. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 22, Budapest.
- Koppány Gy. és Sallai M., 1984: A 30 napos hőmérsékleti és a 10 napos csapadék-előrejelzések verifikációja. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 52, Budapest.
- Maller A., Németh E. és Sallai M., 1986: Tartósan csapadékos időjárási helyzetek Magyarországon. *Légkör* XXXI., 1. szám, 25—29.
- Péczely, Gy., 1957: Grosswetterlagen in Ungarn. *Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie*, No. 30, Budapest.
- WMO, 1968...: Status report on implementation. *Series of WWW World Meteorological Organization*, Geneva.
- Titkos E. és Maller A., 1979: Az időjárás középtávú előrejelzése új megközelítésben. *Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai* XLVIII, Budapest.
- Tóth P. és Vesza Sz., 1983: Sztereografikus vetületben készült térképek bevezetése a magyar meteorológiai szolgálatnál. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 41, Budapest.
- Vissy K., 1981: Országos Légköri Veszélyjelző és Riasztó Rendszer (OLVR). *Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai* LI, Budapest.
- Vissy K., 1988: Az időjárás előrejelzése és a tájékoztatás (Weather forecasting and the media in Hungary), Budapest.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 94. évf. 5. szám, 1990. szeptember-október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 94 No. 5 Sept—Oct 1990 Budapest

On the size distribution of natural radioactive aerosol particles issued from ^{220}Rn in the atmosphere

K. BÓNIS

*Department of Meteorology, Eötvös Loránd University
H—1083 Budapest, Kun Béla tér 2.*

The size distribution of the beta radioactivity and mass concentration of aerosol particles were determined on the basis of samplings carried out in the Institute for Atmospheric Physics (Budapest, Hungary) between May 1980 and February 1982. It was found that high aerosol mass concentration is measured in the case of low wind velocity, low air temperature and isotherm or inverse thermal stratification. The highest concentrations are to be expected on calm, cold and dry winter days. The natural radioactivity of fine aerosol particles issued from thoron (^{220}Rn) is in correlation with weather parameters, namely with the condition of soil, air temperature, relative humidity and mixing depth.

*

^{220}Rn -ből származó természetes radioaktív aeroszol részecskék nagyság szerinti eloszlása a levegőben. A légköri aeroszol részecskék béta radioaktivitásának és tömeg koncentrációjának nagyság szerinti eloszlását a szerző a Központi Légtérfizikai Intézetben 1980 májusa és 1982 februárja között vett minták alapján határozta meg. Megállapította, hogy magas tömeg-koncentrációk alacsony szélsebesség, alacsony léghőmérséklet, illetve izoterm vagy inverziós légköri rétegződés esetén mérhetők. A legmagasabb koncentrációk csendes, hideg és száraz napokon várhatók. A ^{220}Rn -ből származó, a finom részecskéken lévő természetes radioaktivitás szintén kapcsolatban van az időjárás elemekkel, így a talaj állapotával, a levegő hőmérsékletével és nedvességével, valamint a keveredési réteg magasságával.

Introduction. The aim of this work is to present the result of measurements of the size distribution of beta radioactivity and mass concentration in atmospheric aerosol as well as to determine the seasonal changes in their size distribution. An approximate calculation is made about the amount of mass and beta activity of particles of various size deposited in the human respiratory tract. Finally, some correlations are found between the mass and activity concentration of fine and coarse particles and different weather parameters.

1. Sampling and measurements

The aerosol samples were taken by a high volume cascade impactor (Type SIERRA 235, USA), with a flow rate of $50 \text{ m}^3 \text{ hour}^{-1}$. A filter was placed behind the fifth stage of the impactor to capture unimpacted small particles.

* Deceased

TABLE 1

The annual mean values of the mass and radioactivity of aerosol particles measured in six stages, and their relative values in fine and coarse particle size ranges

Stage	Radius interval μm	Annual mean absolute values		Mass %	Activity %
		mass μgm^3	activity mBqm^3		
Coarse part.	1	>3.6	16.70	32.5	6.0
	2	1.5—3.6	20.41		
	3	0.75—1.3	18.00		
Fine part.	4	0.48—0.75	22.73	67.5	94.0
	5	0.25—0.48	27.20		
	6	<0.25	64.47		
Sum			169.51		36.78

In this way it was possible to determine the mass and radioactivity of aerosol particles in size intervals (see *Table 1*). The cover of impactor slides and the filter of last stage are, all fiberglass filteres (BGI Fiberglass Filter Paper, Catalog No. 25/810, USA). The filter size is $22.7 \times 18.0 \text{ cm}^2$ and its efficiency is 98% for particles of $0.05 \mu\text{m}$ size, while for larger ones the collection efficiency is practically 100%.

The samplings were carried out between May 1980 and February 1982 in the garden of the Institute for Atmospheric Physics. The Institute is located in suburb of Budapest, south-east of the city centre. The garden is covered by grass and the samples were taken at a height of 1 m. Samplings were carried out every sixth day from 8 a.m. to 8 a.m. on the next day. During this time 1200 m^3 of air was sampled. In nearly two years 85 samples were taken in an approximately equal seasonal distribution.

The mass concentration of particles in each size interval was measured gravimetrically after drying the samples during 24 hours. The total beta activity of the aerosol was measured after the mass measurement, practically 24 hours after the end of the sampling. These activity values are used in our work without any correction. The activity measured at this time delay originates from natural soil exhalation of thoron decay products, mostly from ThB (Pb^{212}) isotopes because of the much shorter life time of radon species of soil origin. It is noted that at the beginnings of eighties the artificial radioactivity from atmospheric weapon test and atomic power plants was negligibly low as compared to the natural radioactivity of the air (Bónis, 1980).

2. Results

The annual mean values of the mass and activity of aerosol particles in each stages are given in *Table 1*. Also summarized are the mass and activity, in percents for coarse and fine particles. It is possible to compare the mass concentration for 1980—82 to that measured in 1965 by Mészáros (1966) at the same place. The yearly mean mass of aerosol was then $116 \mu\text{mg}^{-3}$, 68% of our result. If this is not due to the differences in procedures this comparison shows an important increase in the mass of atmospheric aerosol during 15 years.

TABLE 2

The seasonal averages of total mass and activity of aerosol particles in values relative to the annual mean (100%)

Season	Mass %	Activity %	Season	Mass %	Activity %
Spring	94	135	Fall	89	103
Summer	83	109	Winter	134	53

The relatively high number of measurements makes it possible to separate the results for different seasons. *Table 2* contains the seasonal averages of the total mass concentration and activity in percents of the annual means. The different seasonal variations of the two parameters are obviously caused by their different origin. Thus, the mass of the aerosol has its maximum value in winter, while the beta activity has a maximum in spring.

In an earlier work (*Bónis, 1968*) the seasonal distribution of the mass of particles was found to be very similar to the variation presented in this paper. In the earlier work from spring to winter the percentage values were 92, 74, 94 and 140% of the annual mean mass concentration, which was $114.8 \mu\text{g m}^{-3}$ at that time very similarly to that found by *Mészáros (1966)*.

The cumulative size distribution averaged for all the measurements are shown in *Fig. 1*, while the annual mass median radius is $0.43 \mu\text{m}$ and activity median diameter is $0.20 \mu\text{m}$. The seasonal variability is very small both for mass and activity median radius.

The size distributions of radioactive aerosol particles in the atmospheric environment as measured by *Maschek et al. (1981)* in a similar way show that 85% of beta activity belongs to the fine particles. This finding is in a good agreement with our value of 94% ($r < 0.75 \mu\text{m}$), as well as with the result of *Renoux (1987)* relative to radon 222.

To have a more detailed picture about the size spectra of the mass and activity of particles the size distributions in differential form $dn/d(\lg r)$ were also calculated. The differential size distributions of the mass and activity in different seasons can be seen in *Fig. 2*.

Each distribution has its maximum value in the size interval of fine particles. The distribution of the mass of particles has a maximum in each season

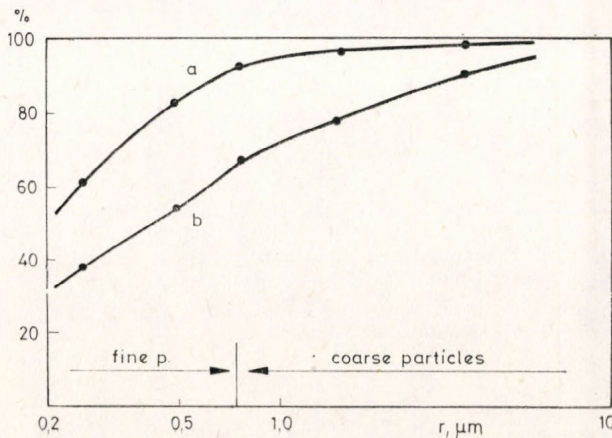


Fig. 1. Cumulative size distribution of the activity (a) and mass (b) of aerosol particles (averaged for all seasons).

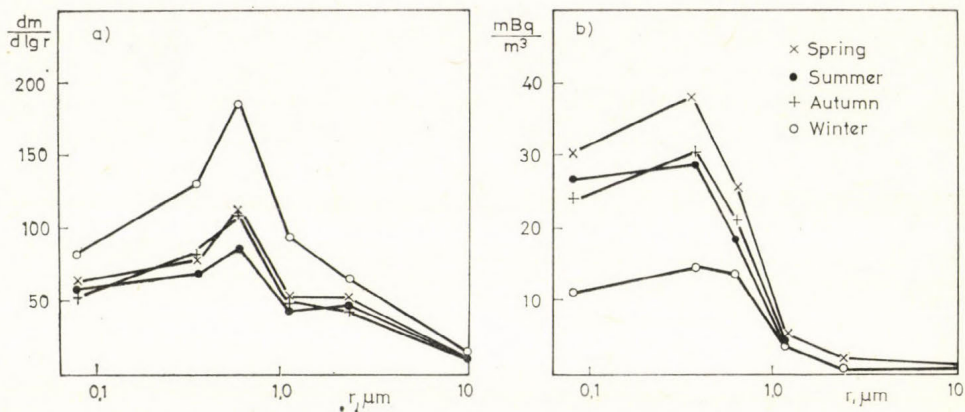


Fig. 2. Differential size distribution of the mass (a) and activity (b) in different seasons

in the radius interval of $0.49 < r < 0.75 \mu\text{m}$, while the distribution of natural radioactivity has a maximum in the range of $0.25 < r < 0.49 \mu\text{m}$. The results of our size distribution measurements will be discussed in some detail in the next paragraph.

3. Discussions

As one can see from Fig. 2. the size distributions of the mass and activity of aerosol particles differ from each other substantially. Therefore the specific activity varies strongly with the particle size, see Fig. 3. (Specific activity is the activity of unit mass of aerosol of certain size). Practically the specific activity of fine particles is ten times greater than that of coarse particles, except in winter when the corresponding ratio is three.

The different size distributions of the mass and activity have an important consequence: different part of the mass and activity are deposited in human

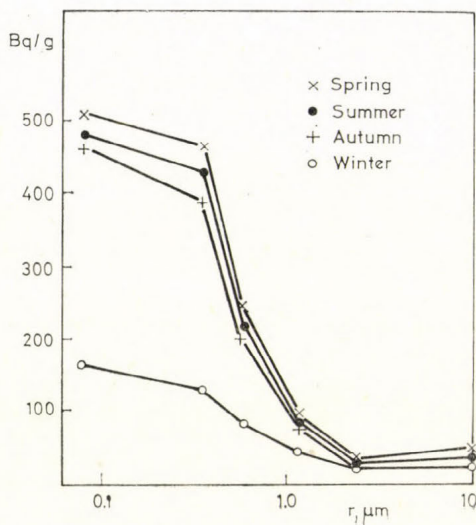


Fig. 3. The specific natural activity as a function of the particle size

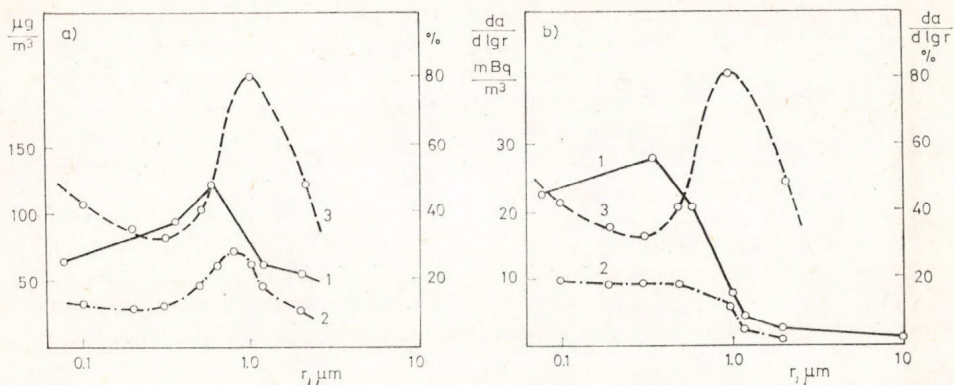


Fig. 4. The deposition of mass (a) and activity (b) of particles of different size in human deep lung [1: annual mean size distribution of the mass (a) and activity (b) of particles, 2: particles deposited in the respiratory system, 3: the probability function — in % — for deposition of particles of different size].

respiratory tract. The probability function for the deposition of particles of various size in „deep lung”, in alveolar area is taken from *Bribblecombe* (1986). The deposition in nasal cavity and trachea is neglected. The result of deposition calculated on the basis of the mean aerosol size distribution are represented in *Fig. 4*. The deposited fraction of natural radioactivity is 28%, in contrast with the 38% of particle mass taking into account the size distributions up to $3 \mu\text{m}$

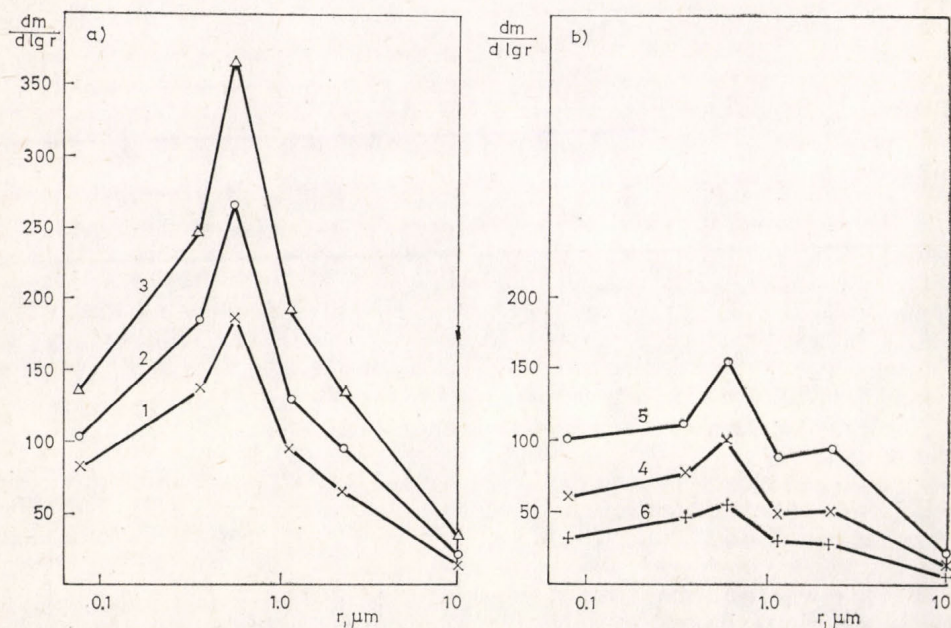


Fig. 5. The size distribution of the mass of aerosol particles in winter months (a); in spring and summer months (b) [1: average distribution of all winter measurements, 2: distribution if the mass concentrations are greater than $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (12 days), 3: distribution in very polluted days, if $m > 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5 days), 4: averaged size distribution, 5: distribution if mass concentration were greater than $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7 days), 6: distribution in clean days, if $m < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 days)].

radius. It can be seen that the deposition of micron-sized particles in the „deep lung” is very probable. However, both mass and activity size distribution of particles have maximum in the size interval below $0.75 \mu\text{m}$ radius, therefore the deposited fraction is relatively small.

Beside the annual mean size distribution, we tried to determine it for „polluted” and „clean” days. When the total mass of particles was higher than $200 \mu\text{g m}^{-3}$, the day was considered polluted. In winter there were 12 such days. On 5 of them the mass concentration was higher than $350 \mu\text{g m}^{-3}$. In spring and summer 7 polluted days were found with mass concentrations between 200 and $300 \mu\text{g m}^{-3}$. On the other hand on 8 clean days the mass concentration was less than $100 \mu\text{g m}^{-3}$. In autumn only 2 clean days occurred, therefore we don't deal with them. The calculated size distributions for the above cases are plotted

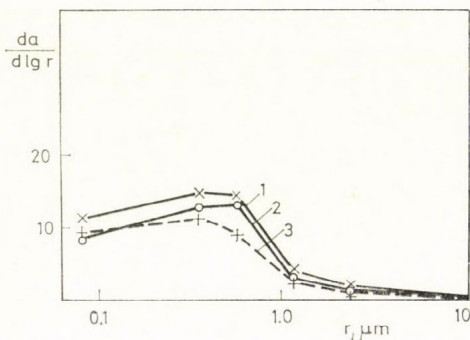


Fig. 6. Size distribution of the radioactivity of aerosol particles in winter, (1: average distribution in winter, 2: activity distribution on snow-covered days with $m > 200 \mu\text{g m}^{-3}$, 3: activity distribution on snow-covered days with $m < 200 \mu\text{g m}^{-3}$).

in Fig. 5. On polluted days in winter the mass size distribution has a very sharp maximum, in contrast with polluted days in spring and summer, when the size distribution has a second maximum in the interval of coarse particles. In spring and summer on clean days the size distributions are similar to the seasonal average spectrum.

For the same days the size distribution of the radioactivity was also determined. In winter season we had difficulties because of the high standard deviations of the activity on polluted days. The standard deviation related to mean activity was 89% if the mass concentrations were above $200 \mu\text{g m}^{-3}$ and it was 72% for cases with concentrations above $350 \mu\text{g m}^{-3}$. Because of this uncertainty the size distributions measured in winter are not discussed. In summertime the relative standard deviation drops to 25% on polluted days and to 53% on clean days, but the size distributions are similar (see Fig. 6).

Returning to winter season we note that the high standard deviation of the activity on polluted days shows that the activity is independent of the degree of particulate pollution. The important role of the ground state in the production of natural activity in the surface air was demonstrated in our earlier publication (Bónis, 1980). Therefore, if in winter the 3 days without snow-cover are not considered, the relative standard deviation of the activity on polluted days diminishes to 42% from the original value of 89%. To gain further insight into the role of snow-cover the size distributions and the activity summarized according to the particle size on winter-days with mass concentration less than and above $200 \mu\text{g m}^{-3}$ were also determined. These size distributions can be seen in Fig. 6. The size distribution of the radioactivity on days with mass concentration less than $200 \mu\text{g m}^{-3}$ practically does not differ from that in the case of more than $200 \mu\text{g m}^{-3}$ though the mass concentrations differ

TABLE 3
Mass and radioactivity of aerosol particles in winter and in special winter days

	Number of cases	μgm^{-3}	%	mBqm^{-3}	%
Winter mean	20	227.8	100	19.7	100
>200 μgm^{-3}	12	306.9	135	29.4	149
>350 μgm^{-3}	5	422.4	185	31.7	161
All days with snow-cover	9	293.7	129	15.9	81
Snow cover and <200 μgm^{-3}	5	165.9	73	14.8	75

from each other substantially. All the data of mass concentrations and activities mentioned above are tabulated in *Table 3*, where the percentage values related to the seasonal averages are also given.

In a first approximation one could suppose that low concentrations on clean spring and summer days are caused by the scavenging effect of intensive precipitation. Among our data we found four days with more than 8 mm rain in 24 hours. However, only three days with large precipitation can be found out of the 8 clean days. This means that scavenging is not a primary cause of small mass concentration of particles. This implies that other meteorological parameters also influence the concentration. One can further study this problem in *Fig. 7*. It should be noted that low activity is caused both by scavenging and hindered exhalation from soil because of its wet state.

To recognize the complex effect of weather parameters on mass and radioactivity of aerosol, we determined the correlation between aerosol mass concentration and beta activity, as well as the following average daily parameters: wind velocity, air temperature, visibility, maximal mixing depth, relative humidity, cloudiness and temperature gradient. It was found that at a significance level of 1% both the mass and radioactivity correlate with a lot of meteorological parameters mentioned (*Table 4*). The correlations were calculated for two size intervals: for fine particles (4—5—6 stages) and for coarse particles (1—2—3 stages). Considering the mass concentration, for fine and coarse particles the sign of correlation coefficients agrees one with the other, except in the case of wind velocity.

TABLE 4
Correlations between aerosol mass and activity and different weather parameters

Weather parameter	Mass particles		Activity particles	
	fine	coarse	fine	coarse
Wind velocity	.	—	.	—
Air temperature	—	—	+	.
Visibility	—	—	+	—
Max. mixing depth	.	.	+	.
Relative humidity	.	.	—	.
Cloudiness	.	.	—	.
Temperature gradient	+	+	+	+

Note: The signs + and — denote positive and negative correlation, respectively, while cases without correlation are denoted by a point.

On the other hand, the beta activities of fine and coarse particles have correlations of the same sign only for wind velocity and temperature gradient. For other cases only the activity in one of the two size intervals correlates with a certain parameter.

The cause of this different connection with weather parameters is surely due to the different sources of mass concentration and beta activity. As we have mentioned, the beta activity measured is practically of natural, soil origin, but the total mass is controlled in each season by anthropogenic sources as well.

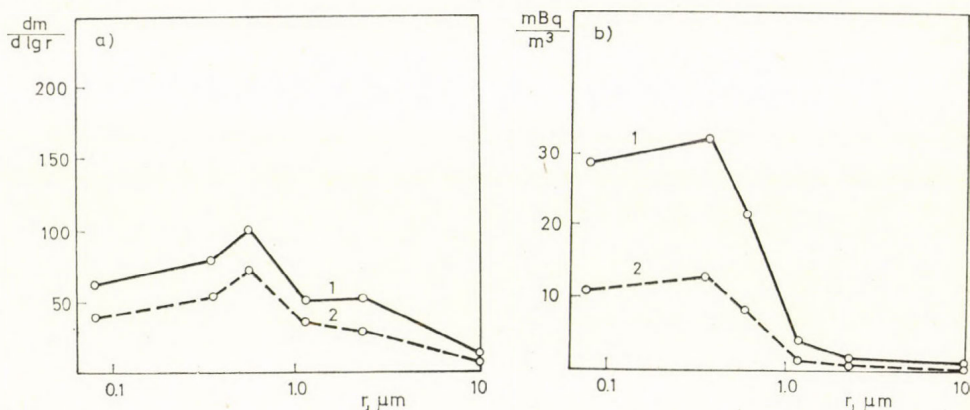


Fig. 7. The effect of intensive rainfall on the size distribution of mass (a) and activity (b) of aerosol particles in spring and summer (1: average distribution, 2: distribution of four days with precipitation amount larger than 8 mm on 24 hours).

Summarizing this correlation studies we can conclude that high aerosol mass concentration is formed in the case of small wind velocity, low air temperature and isotherm or inverse thermal stratification, without precipitation. Practically the highest concentrations are to be expected on calm, cold and dry winter days, as we have detected in our measuring period in late November and December and most frequently in January.

The natural radioactivity of fine aerosol particles has an other set of correlations with weather parameters. It is mostly regulated by soil state due to the well-known fact that wet or snow covered soil decreases the rate of exhalation, while high air temperature, large mixing depth and low relative humidity make increased exhalation in the summer half-year possible.

This indicates that in winter when in human respiratory system a large amount of inhaled suspended aerosol particles is deposited, the natural beta activity of the particles is low.

REFERENCES

- Bónis K., 1968: A légköri aeroszolban lévő, vízben oldódó anyagokról. *Időjárás* 72, 104—110.
- Bónis K., 1980: A légköri tórium 8 koncentrációja és kapcsolata egyes meteorológiai paraméterekkel. *Időjárás* 84, 268—276.
- Brimblecombe, P., 1986: *Air Composition and Chemistry*. Cambridge University Press, Cambridge, 139.
- Maschek I., Mészáros A., Borossay J., Laczai J. és Horváth Á., 1981: A környezeti radioaeroszol koncentrációjának és szemcseméret szerinti eloszlásának vizsgálata. *Izotóptechnika* 24, 1—11.
- Mészáros A., 1966: A légköri aeroszol tömeg- és számszerű koncentrációjának kapcsolata. *Időjárás* 71, 355—360.
- Renoux, A., 1987: National atmospheric radioactivity and radioactive aerosol. The problem of radon 222 and daughter inderors. *J. Aerosol Sci.*, 18. 677—680.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 94. évf. 5. szám, 1990. szeptember-október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 94 No. 5 Sept—Oct 1990. Budapest

A global 2D model on the distribution and deposition of sulfur compounds

L. BOZÓ

*Institute for Atmospheric Physics
H—1675 Budapest, P.O.Box 39.*

The paper discusses the global distribution and deposition of H_2S , DMS, CS_2 , COS, SO_2 and sulfate by means of a 2D model. The model contains the parameterization of convective exchanges which play significant role in the vertical transport of reduced S compounds with short residence time. Higher SO_2 mixing ratio observed in the free troposphere over remote areas originates from the oxidation of these reduced compounds. An estimation for the modification in sulfur deposition between $30-60^\circ N$ as a result of possible SO_2 emission increase or decrease is also given.

*

A kén-vegyületek globális eloszlásának és ülepedésének két-dimenziós modellje. Munkánkban a H_2S , DMS, CS_2 , COS, SO_2 és a szulfát globális eloszlását és ülepedését vizsgáljuk egy 2-dimenziós kémiai-meteorológiai modell segítségével. A modell a konvektív kicserélődés parametrizációját is tartalmazza, amely meghatározó szerepet játszik a rövid tartózkodási idejű redukált kén-vegyületek vertikális transzportjában. Az óceáni háttérterületek felett a szabad troposzférában megfigyelhető magasabb SO_2 koncentráció ezeknek a redukált kén-vegyületeknek az oxidációja során alakul ki. Megbecsültük a kén-ülepedés várható módosulását a $30-60^\circ N$ között, amely az SO_2 kibocsátás esetleges növekedésének vagy csökkenésének hatására jönne létre.

Introduction. In the latest years several chemical-meteorological models have been developed for the determination of spatial distribution of sulfur compounds in the troposphere. The first representatives of both 1D and 2D models were based on the eddy diffusion parameterization where the vertical mixing is described as a continual, slow seeping process carried out by essentially unorganized motions (e.g. Sze and Ko, 1980; Rodhe and Isaksen, 1980). In reality, most vertical mixing occurs in relatively isolated events of great rapidity. The first attempt for taking into consideration the effect of these motions on the distribution of SO_2 was made by Chatfield and Crutzen (1984). This model works on a limited area on the tropics. Olofsson (1988) combined the K_{zz} parameterization with the numerical description of vertical redistribution by clouds and modelled the spatial distribution of Kr—85, Rn—222 and SO_2 using a simple reaction scheme for this latter gas.

Our aim is to try to calculate the global distribution and deposition of all important tropospheric S compounds (H_2S , DMS, CS_2 , COS, SO_2 and sulfate) using a detailed chemical mechanism and the parameterization of convective exchanges introduced by Olofsson (1988).

1. Model construction

The homogeneous chemical reactions involved in our model have been compiled on the basis of the papers of CODATA (1982), Graedel (1979), Ravishankara et al. (1980), Jones et al. (1983) and Calvert et al. (1985). The parameters of liquid phase transformation of SO_2 is taken from Rodhe and Isaksen (1980). The data referring to precipitation scavenging of SO_2 and sulfate have been adopted from Isaksen and Rodhe (1978). The values of dry deposition velocities have been compiled on the basis of different authors' papers (Liss and Slater, 1974; Judeikis and Wren, 1977; Möller, 1983). It has been found that both wet

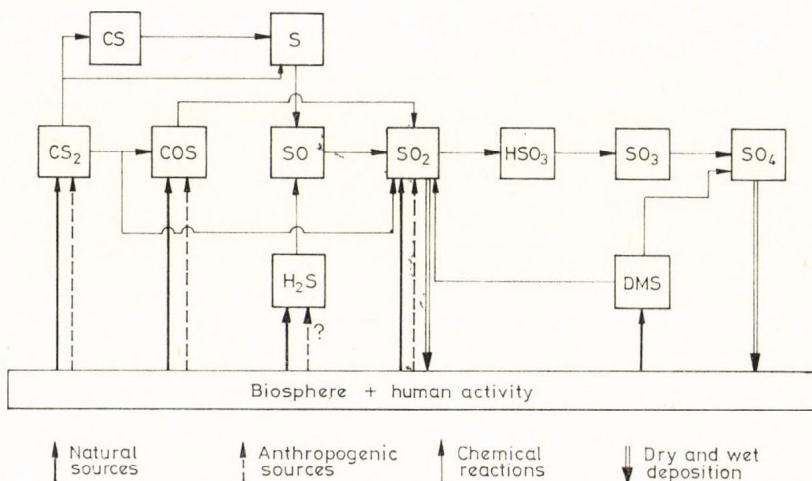


Fig. 1. Schematic diagram of the atmospheric sulfur cycle

and dry depositions play important role only in the case of SO_2 and sulfate so they can be neglected at reduced sulfur compounds. The schematic block-diagram of chemical reactions and emission as well as deposition is shown in Fig. 1. The parameters of chemical transformations and deposition processes can be seen in Table 1.

The box-model extends from pole to pole with a horizontal grid distance of 10 and a vertical of 2 km from the Earth's surface up to 12 km. For the determination of sulfur species' mixing ratios in different heights and latitudes the following equations are used:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial c_i}{\partial t} = & - \frac{1}{a \cdot \cos \varphi} \frac{\partial(c_i V \cos \varphi)}{\partial \varphi} - \frac{\partial(c_i w)}{\partial z} + \\
 & + \frac{1}{a \cdot \cos \varphi} \frac{\partial \left(M K_{yy} \cos \varphi \frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{c_i}{M} \right) \right)}{\partial \varphi} + \\
 & + \frac{\partial \left(M K_{zz} \frac{\partial}{\partial Z} \left(\frac{c_i}{M} \right) \right)}{\partial Z} - L_i c_i + P_i
 \end{aligned} \quad (1)$$

where c_i is the number density of the component considered, φ is the latitude, a is the Earth's radius, M is the number density of air. v and w are the velocity components in the meridional and vertical directions, respectively. K_{yy} and K_{zz} are the eddy diffusion coefficients. $L_i c_i$ and P_i represent the removal and production processes. In addition to these terms the vertical redistribution by convective clouds has been introduced (Olofsson, 1988):

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = F_i \left(\frac{c_i}{M} \right)_{i=1} - \frac{\partial(c_i w_s)}{\partial z} \quad (2)$$

TABLE 1

Parameters of chemical transformation equations and deposition processes used in model calculations

R 1	H ₂ S + OH	→ H ₂ O + HS	$k_1 = 1.1E-11 \exp(-255/T)$
	HS + O ₂	→ OH + SO	
R 2	DMS + OH	→ SO ₂ (40% yield)	$k_2 = 5.5E-12 \exp(179/T)$
		→ CH ₃ SO ₂ OH and other products (60% yield)	
R 3	CS ₂ + O	→ CS + SO	$k_{3a} = 1.8E-11 \exp(-530/T)$
		→ COS + S	$k_{3b} = 1.8E-12 \exp(-530/T)$
R 4	CS ₂ + OH	→ COS + SO ₂	$k_4 = 1.5E-13$
R 5	COS + OH	→ SO ₂	$k_5 = 8.5E-15$
R 6	SO + O ₂	→ SO ₂ + O	$k_6 = 6.0E-13 \exp(-3300/T)$
R 7	S + O ₂	→ SO + O	$k_7 = 2.3E-12$
R 8	SO ₂ + OH + M	→ HSO ₃ + M	$k_8 = 3.0E-31 (T/300)^{-2.9}$
R 9	HSO ₃ + O ₂	→ SO ₃ + HO ₂	$k_9 = 5E-11$
	SO ₂ + NH ₃ O	→ product	
R10	HSO ₃ + OH	→ product	$k_{10} = 1.1E-11$
R11	SO ₂	→ liquid phase → product	$k_{11} \leq 3E-6$
R12	SO ₂	→ precipitation scavenging	$k_{12} \leq 1E-6$
R13	SO ₄	→ precipitation scavenging	$k_{13} \leq 4E-6$

SO₂ dry deposition 0.8 cms⁻¹ (continent) 0.5 cms⁻¹ (sea)
 SO₄ dry deposition 0.1 cms⁻¹ (continent) 0.05 cms⁻¹ (sea)

(Rate constants are expressed in units of cm³s⁻¹ for two body reactions, cm⁶s⁻¹ for three body reactions and s⁻¹ for k_{11} , k_{12} and k_{13} .)

where F_i is the prescribed airflow into the gridbox due to the cloud transport calculated on the basis of global statistics of synoptic observations. c_i ($i=1$) is the volume mixing ratio at the bottom level and w_s is the compensating subsidence velocity. Equations (1) and (2) are used altogether so as to calculate the spatial distribution of S compounds.

On the lateral boundaries of the box-system v and K_{yy} are kept zero. On the ground level w and K_{zz} are set equal to zero. The sulfur species investigated can enter the box-system from here by emission and can leave it by dry and wet deposition. No flux is allowed through the upper boundary of the system.

The numerical solution of the continuity equation is accomplished in the following way: the time derivatives are approximated by forward differences. The advection terms and the eddy diffusion terms are approximated by centered differences in space.

The emission densities of SO₂ in different latitude bands have been calculated by Rodhe and Isaksen (1980). The total emission of SO₂ was 80 Tg(S)yr⁻¹. The same values for H₂S and DMS were 21 Tg(S)yr⁻¹ (Möller, 1984) and 40

Tg(S)yr⁻¹ (Ferek *et al.*, 1986), respectively. The release of these latter species has been uniformly distributed between 55° N and 35° S. The release of H₂S and DMS is supposed to be insignificant out of this belt (Rodhe and Isaksen, 1980). In the case of CS₂ 80 ppt groundlevel concentration has been fixed between the same latitude bands as for H₂S and DMS. When calculating the spatial distribution of COS a uniform 500 ppt mixing ratio has been taken into account for the lowest layers of the model.

2. Results of model calculations

2.1 Tropospheric distribution of sulfur compounds. The spatial distributions of H₂S, DMS, CS₂, SO₂ and sulfate can be seen in *Figs. 2 a-e*. The characteristics of distributions are as follows:

The sources of H₂S and DMS are situated on the land and sea surface. They are rapidly oxidized in the troposphere so their mixing ratio falls off fast with height. Since our calculations are made for the summer period (Jun-Aug) higher values can be observed on the Southern Hemisphere because of the lower concentration of OH radical. Very few information is available on the spatial distribution of H₂S. The values reported by Slatt *et al.* (1978) are in the range of 4–82 ppt for the tropical and subtropical marine atmosphere near the surface. Herrmann and Jaeschke (1984) reported H₂S mixing ratios between 10–100 ppt from the background air over the Atlantic. The spatial distribution of DMS is similar to that of H₂S. Van Valin *et al.* (1987) measured the DMS concentration over the Western Atlantic Ocean. In the mixed layer (below 3000 m) a rapid decrease of DMS mixing ratio has been detected from 10–100 ppt to 5–20 ppt. In the free troposphere 0.5–17 ppt was measured and most values were 10 ppt. Ferek *et al.* (1986) detected higher DMS mixing ratio in upper than in midtroposphere over the tropics during a flight in convective condition. Their measured vertical profile is very similar to that of gained by model calculations.

CS₂ mixing ratio shows considerable spatial variability in spite of its fixed mixing ratio at the surface (*Fig. 2. c*). This may be correlated with intense cumulonimbus activity as measured by Carroll (1985). During her flight over the subtropical Atlantic in the free troposphere between 6.1 and 7.9 km significant spatial variability (17–166 ppt) was detected as a function of synoptic conditions. CS₂ concentration measured at the surface varies between 30–200 ppt depending on the pollution level of the territory examined (Maroulis and Bandy, 1980).

In the case of COS practically no spatial variation is observed either during measurements (Carroll, 1985) or in model simulations. It suggests that this constituent is long-lived in the troposphere. The average COS mixing ratio reported by Carroll (1985) was 517 ± 65 ppt in the free troposphere. At the surface practically the same value was detected (Torres *et al.*, 1980).

The SO₂ mixing ratio is highly affected by man-made emission in the mid-latitudes of the Northern Hemisphere. Georgii (1978) has reported aircraft measurements over Northern Europe showing values in the range of 50–80 ppt at altitudes between 6 and 13 km. Maroulis *et al.* (1980) made measurements over a latitude range 57° S to 70° N. The mean value of the continental data was 112 ± 79 ppt in the boundary layer and 160 ± 100 ppt in the free troposphere. The SO₂ marine values were 54 ± 19 ppt in the boundary layer and

85 ± 28 ppt in the free troposphere. It is to be noted that higher average values were detected in the free troposphere than in the boundary layer. It is shown in Fig. 2. d that even over the remote oceans 30–50 ppt has been calculated in the middle and upper troposphere. It has been produced by means of cumulonimbus activity, which has not been taken into consideration in the earlier eddy diffusion models. In those 2D models the SO₂ mixing ratio calculated for the elevations mentioned above was 10 ppt and, of course, seemed to be unrealistic.

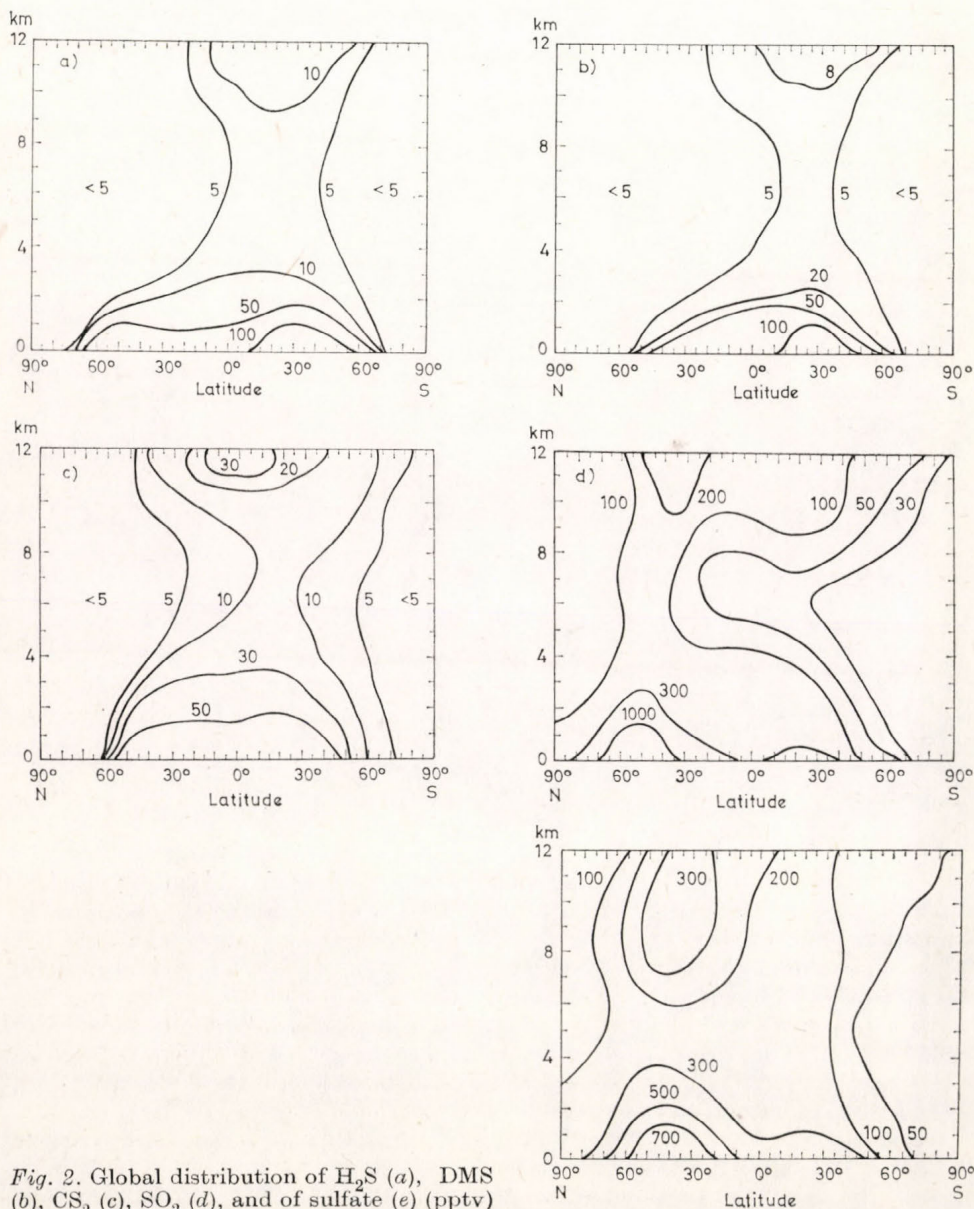


Fig. 2. Global distribution of H₂S (a), DMS (b), CS₂ (c), SO₂ (d), and of sulfate (e) (pptv)

Calculated distribution of sulfate is shown in Fig. 2. e. Higher mixing ratios can be observed over the midlatitudes of Northern Hemisphere as a result of higher SO_2 emission of this area. *Mészáros* (1978) estimated the European background sulfate concentration to be 700–1200 ppt near the ground level. Measurements carried out by *Huebert* and *Lazrus* (1980) in tropical areas gave sulfate mixing ratio of 60–120 ppt in clean continental boundary layer, 100–1000 ppt in the marine boundary layer and 30–200 ppt in the troposphere above the boundary layer. Since these values include sea-salt sulfur, which

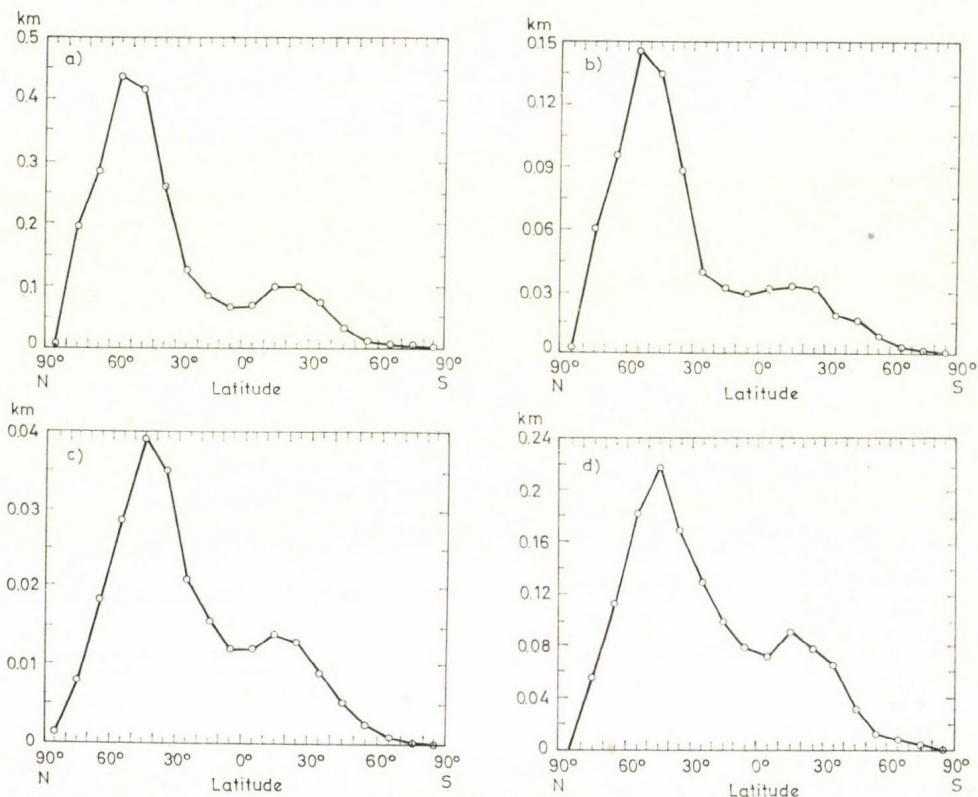


Fig. 3. Dry (a) and wet (b) deposition of SO_2 ; dry (c) and wet (d) deposition of sulfate [$\text{g (S) m}^{-2} \text{yr}^{-1}$]

has been excluded from the model calculations so they should be regarded as upper limits particularly regarding the marine data. *Mészáros* (1978) estimated the sulfate concentration over the remote oceanic areas near the surface. Its values was 300–700 ppt including sea-salt sulfate. *Mészáros* and *Vissy* (1974) reported 250 ppt excess sulfate mixing ratio from the South Atlantic.

2.2 Dry and wet deposition of sulfur. Deposition of SO_2 and sulfate has also been determined on the basis of model calculations (Figs. 3. a-d). Dry deposition of SO_2 and sulfate has been calculated by multiplication of their concentration in the lowest layer and dry deposition velocity (Table 1). The continent fraction of each latitude band has been determined so as to gain a weighted average value for dry deposition velocity. Wet deposition of SO_2 and sulfate has been determined using the parameterization shown in Table 1. It can be seen that

dry deposition of SO_2 dominates in the S deposition of polluted areas. For example at the midlatitudes of the Northern Hemisphere the contribution of SO_2 dry, SO_2 wet sulfate dry and sulfate wet depositions to the total S deposition of this territory are 52%, 18%, 5% and 25%, respectively. However, over the remote areas (e.g. 0–10° N) the same percentages are 35%, 16%, 7% and 42%, respectively.

Várhelyi and Gravenhorst (1983) estimated the wet excess sulfur deposition into the oceans. Over the North Atlantic at 30–70° N 0.4–0.6 g S m⁻² yr⁻¹ while at 0–30° N 0.2–0.3 g S m⁻² yr⁻¹ have been calculated. The average wet excess sulfur deposition onto the oceans of Northern and Southern Hemispheres were 0.2–0.4 and 0.1 g S m⁻² yr⁻¹, respectively.

TABLE 2

Modification of S deposition assuming 20% variation in SO_2 emission between 30–60° N

	ΔSO_2 emission	ΔSO_2 dry	ΔSO_2 wet	ΔSO_4^{2-} dry	ΔSO_4^{2-} wet	deposition	
						ΔS dry	ΔS wet
50–60° N	±20	±19	±19	±15	±16	±18.7	±17.3
40–50° N	±20	±17	±15	±13	±14	±16.6	±14.4
30–40° N	±20	±15	±14	±10	±11	±14.4	±12.0

A test experiment has also been run assuming 20% change in SO_2 emission between 30–60° N. It was examined how the dry and wet deposition of sulfur would be modified as a result of this condition (Table 2). It can be seen that the modification in dry deposition of sulfur (which occurs mainly in form of SO_2) is higher than in wet deposition. It may be caused by the fact that the meteorological processes controlling the wet deposition of trace gases and aerosols occur in larger scale influencing the wet deposition characteristics of latitudes out of our examination. However, this test may only be accepted as a first approximation since as a result of the change in SO_2 emission other physical and meteorological conditions can also be modified (e.g. number of condensation nuclei), which needs appropriate parameterization in model calculations.

3. Conclusions

1. Mixing ratio of H_2S , DMS and CS_2 falls off rapidly with height. The distribution of these compounds in the middle and upper troposphere is highly affected by cumulonimbus activity.

2. COS is distributed practically uniformly both in vertical and horizontal directions.

3. Higher SO_2 mixing ratio observed in the free troposphere over remote areas originates from the oxidation of reduced S compounds.

4. If the release of SO_2 changed between 30–60° N less modification would be expected in wet than in dry deposition of sulfur.

REFERENCES

- Olvert, J. G., Lazrus, A., Kok, L., Heikes, B. G., Waleya, J. G., Lind, J. and Cantrell, C. A., 1985: Chemical mechanisms of acid generation in the troposphere. *Nature* 317, 27—35.
- Carroll, M. A., 1985: Measurements of OCS and CS₂ in the free troposphere. *J. Geophys. Res.* 90, 10 483—10 486.
- Chatfield, R. B. and Crutzen, P. J., 1984: Sulfur dioxide in remote oceanic air: cloud transport of reactive precursors. *J. Geophys. Res.* 89, 7111—7132.
- OODATA, 1982: An abridgement of evaluated kinetic and photochemical data for atmospheric chemistry: Supplement I.
- Ferek, R. J., Chatfield, R. B. and Andreae, M. O., 1986: Vertical distribution of dimethylsulphide in the marine atmosphere. *Nature* 320, 514—516.
- Georgii, H.—W., 1978: Large scale spatial and temporal distribution of sulfur compounds. *Atmos. Environ.* 12, 681—690.
- Graedel, T. E., 1979: The kinetic photochemistry of the marine atmosphere. *J. Geophys. Res.* 84, 273—286.
- Herrmann, J. and Jaeschke, W., 1984: Measurements of H₂S and SO₂ over the Atlantic Ocean. *J. Atmos. Chem.* 1, 111—125.
- Huebert, B. J. and Lazrus, A. L., 1980: Bulk composition of aerosols in the remote troposphere. *J. Geophys. Res.* 85, 7337—7344.
- Isaksen, I. and Rodhe, H., 1978: A two-dimensional model for the global distribution of gases and aerosol particles in the troposphere. *Report of University of Stockholm*, AC—47.
- Jones, B. M. R., Burrows, J. P., Cox, R. A. and Penkett, S. A., 1983: OCS formation in the reaction of OH with CS₂. *Chem. Phys. Lett.* 88, 372—375.
- Judeikis, H. S. and Wren, A. G., 1977: Deposition of H₂S and DMS on selected soil materials. *Atmos. Environ.* 11, 1221—1224.
- Liss, P. S. and Slater P. G., 1974: Flux of gases across the air-sea interface. *Nature* 274, 181—184.
- Maroulis, P. J. and Bandy, A. R., 1980: Measurements of atmospheric concentration of CS₂ in the Eastern U.S.A. *Geophys. Res. Lett.* 7, 681—684.
- Maroulis, P. J., Torres, A. L., Goldberg, A. B. and Bandy, A. R., 1980: Atmospheric SO₂ measurements on project GAMETAG. *J. Geophys. Res.* 85, 7345—7349.
- Mészáros, E., 1978: Concentration of sulfur compounds in remote continental and oceanic areas. *Atmos. Environ.* 12, 699—705.
- Mészáros, Á. and Vissy, K., 1974: Concentration, size distribution and chemical nature of atmospheric aerosol particles in remote oceanic areas. *J. Aerosol Sci.* 5, 101—110.
- Möller, D., 1983: The global sulfur cycle. *Időjárás* 87, 121—144.
- Möller, D., 1984: On the global natural sulphur emission. *Atmos. Environ.* 18, 29—39.
- Olofsson, M., 1988: Global vertical mass transport by clouds — a two dimensional model study. *Report of University of Stockholm*, CM—74.
- Ravishankara, A. R., Kreutterm, N. M., Shah, R. C. and Wine, P. H., 1980: Rate of reaction of OH with COS. *Geophys. Res. Lett.* 7, 961—964.
- Rodhe, H. and Isaksen, I., 1980: Global distribution of sulfur compounds in the troposphere estimated in a height/latitude transport model. *J. Geophys. Res.* 85, 7401—7409.
- Slatt, B. J., Natusch, D. F. S., Prospero, J. M. and Savoie, D. L., 1978: H₂S in the atmosphere of Atlantic Ocean and its relation to the global sulfur cycle. *Atmos. Environ.* 12, 981—991.
- Sze, N. D. and Ko, M. K. W., 1980: Photochemistry of COS, CS₂, DMS and H₂S. *Atmos. Environ.* 14, 1223—1239.
- Torres, A. L., Maroulis, P. J., Goldberg, A. B. and Bandy, A. R., 1980: Atmospheric COS measurements on project GAMETAG. *J. Geophys. Res.* 85, 7357—7360.
- Van Valin, C. C., Berresheim, H., Andreae, M. O. and Luria, M., 1987: Dimethyl sulfide over the Western Atlantic Ocean. *Geophys. Res. Lett.* 14, 715—719.
- Várhelyi, G. and Gravenhorst, G., 1983: Production rate of airborne sea-salt sulfur deduced from chemical analysis of marine aerosols and precipitation. *J. Geophys. Res.* 88, 6737—6751.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 94. évf. 5. szám, 1990. szeptember-október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 94 No. 5 Sept—Oct 1990. Budapest

Meso-scale convective systems determined regionally in the Carpathian Basin*

BODOLAINÉ-JAKUS E. and VISSY K.

*Central Institute for Weather Forecasting
H-1675 Budapest, P.O.Box 32.*

The weather situation described in this paper is favourable to repeatedly produce instability lines in the Carpathian Basin. This weather situation is characterized by shallow cyclonic disturbances on a quasi-stationary frontal zone drawing from Paris to Kiev nearly along the latitude 50°. The cold front of the disturbance above France and West Germany is blocked by the Alps. The south side of the frontal zone is open towards the Western Mediterranean for a long time, therefore a warm, moist conveyor belt stretching from there provides favourable conditions for the formation of a meso-scale longitudinal convective band. The development of the instability lines formed from this system and that of two other ones is studied by digitized radar and satellite pictures. The synoptic situation is characterized by isentropic analysis, too.

*

Regionálisan meghatározott mezoléptékű konvektív rendszerek a Kárpát-medencében. A tanulmányban leírt időjárási helyzet kedvező feltételeket teremt instabilitási vonalak ismételt kialakulásához a Kárpát-medence térségében. Az időjárási helyzetet sekély ciklonális háborgásokkal egy kvázi-stacionárius frontálzóna jellemzi, amely Párizstól Kievig húzódik, közelítőleg az 50. szélességi kör mentén. A Franciaország és Nyugat-Németország fölötti ciklon hideg frontjának áthelyeződését az Alpok meggátolja. Ennek következtében a frontálzóna déli oldala hosszú ideig nyitott a Földközi-tenger nyugati térségében. Az innen húzódó meleg nedves szállítószalag kedvező feltételt teremt mezoléptékű longitudinális konvekciós szalag kialakulásához. Az ebből kialakult és másik két instabilitási vonal vizsgálata digitalizált radar és műhold képek segítségével történt. A szinoptikus folyamatok jellemzésére izentropikus analízist is alkalmaztunk.

Introduction. The knowledge of meso-scale weather processes and systems has been extended significantly in the past twenty years. This development can be attributed mainly to the wide utilization of intensive observation systems (radars, satellites). New types of meso-scale convective systems were discovered, conditions of their origin, development and structures were described. *Maddox* (1980) discovered the near circular meso-scale convective complex in infrared satellite pictures. The meso-scale structure of precipitation distribution has also been revealed. The new conceptual models link the different meso-scale precipitation structures to the medium-scale conveyor belts. In his comprehensive studies *Browning* (1983, 1985) considered the warm-moist conveyor

* These investigations are sponsored by the Hungarian Academy of Sciences

belt as a predominant factor of the precipitation distribution within a cyclone. In the formation of precipitation belts before a warm front and in that of the comma clouds, he assigned a secondary role to the cold conveyor belts described by Carlson (1980). The cold dry, airstream originating at high levels and descending toward the trough axis splits into two branches. One of them descends into the middle troposphere (on an isentropic surface) above the warm conveyor belt forming the condition for the development of a convective precipitation band within the warm sector.

Carlson *et al.*, (1983) attached great importance to the geographic regions in the formation of meso-scale convective systems (e.g. dry lines).

The prefrontal instability lines have an important role in the weather of Hungary. It is not accidental that the meso-synoptic investigations in the sixties (Bodolai *et al.*, 1967) explored their special features, genetic types of their origin and later on, certain types of pre-storm situations preceding their development (Bodolainé-Jakus, 1980). Nowadays, the joint use of radar and satellite observations makes it possible to discover meso-scale convective systems which have not been recognised so far in the region of the Carpathian Basin. For example, the formation and development mechanism of multicell meso-scale convective complexes in the Carpathian Basin was at first described in a previous study (Bodolainé-Jakus *et al.*, 1987).

The conditions of the origin and development of meso-scale convective systems in a special weather situation are investigated in this study.

1. Subject, data and methods of investigation

The practical needs of the Storm Warning Service at the Lake Balaton requires a comprehensive study of the information provided by the new observation systems in order to investigate dangerous meso-scale convective systems. Within the framework of this research program 36 frontal and 20 convective storms in two half-year periods of 1986—87 served as a basis for different investigations (Zárójelentés... , 1989). During this period there was an occasion (19—20 August 1986) when three instability lines passed over Hungary the wind gusts of which exceeded 25 m/s in the region of Transdanubia. The detailed meso-analyses refer to this region of Hungary because the vicinity of the Lake Balaton plays an important role in the research program. Radar, satellite, as well as surface and upper-air observations were used for the synoptic and meso-scale analysis of the above-mentioned weather situation and its convective systems.

1.1 Analysis of radar data. In Hungary precipitation systems are observed hourly by a network consisting of three radars. The radar reflectivity is expressed by values of the precipitation intensity (mm/h). The average values of the precipitation intensity are valid for pixels of 20×20 km. On the maps obtained from these analyses the path of the cloud-precipitation system can be followed, and its internal cell-structure can also be clearly revealed.

1.2 Analysis of satellite observations. Hourly pictures of METEOSAT—2 IR were used. The digitization of analogue IR pictures and calibration of digitized values were carried out with the method of Pintér and Tanczer (1984).

1.3 Other analyses. The movement of convective systems over the territory of Hungary was traced on hourly meso-synoptic maps. The first interpretation of the synoptic-scale processes was carried out on the basis of near-surface and upper-air maps drawn for regular time intervals.

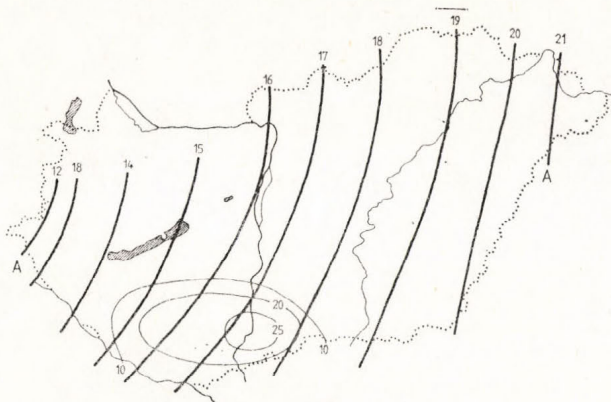


Fig. 1. Hourly isochrons of the instability line A, and the distribution of the maximum wind gusts in Transdanubia (thin line)

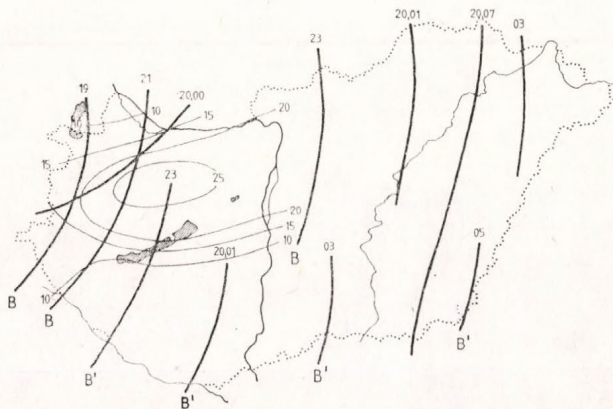


Fig. 2. Hourly isochrons of the instability lines B and B', and the distribution of maximum wind gusts in Transdanubia (thin line)

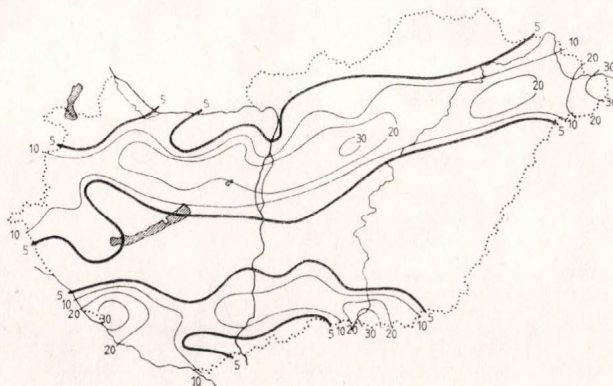


Fig. 3. Distribution of precipitation caused by the instability lines A, B and B'

The synoptic-scale weather processes and systems, the adiabatically rising and sinking air streams can be represented directly with the help of isentropic analysis. This is the reason why an isobaric chart of some pseudo-moist isentropic surfaces as well as spatial and temporal vertical cross-sections of the pseudo-moist potential temperature (Θ_w) have been elaborated. The distribution of the potential instability can be shown by the Showalter stability index, and the distribution of the moisture is indicated by the fields of the amount of precipitable water (expressed in mm).

2. Detailed analysis of the convective systems of 19—20 August 1986

In this period, three instability lines passed over Hungary. *Figs. 1, 2 and 3* show isochrons of the passing of the objects with the distribution of values of maximum wind gusts caused by them, as well as the precipitation distribution observed. It can be seen that maximum wind gusts and precipitation band

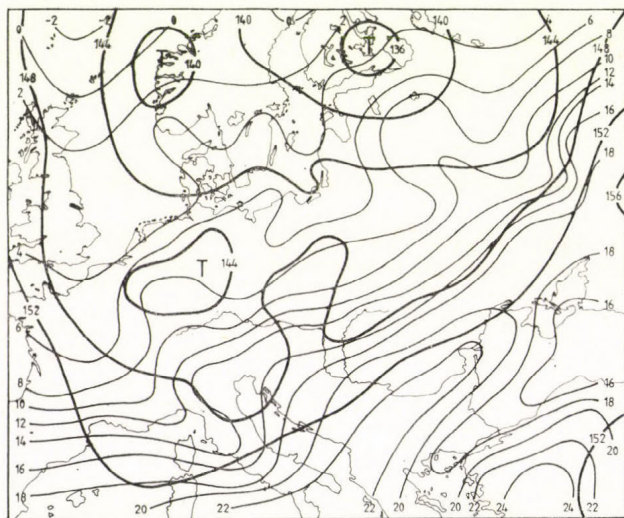


Fig. 4. The 850 hPa surface at 12 UTC on 19 August 1986

of the object A are characteristic in the southern part of Transdanubia, while those of the objects B, and B' are characteristic in the northern part of Transdanubia. The synoptic situation at 12 UTC on 19 August 1986, generating the three instability lines is shown by the 850 hPa surface map (*Fig. 4.*) There is a quasi-stationary frontal zone stretching from the shallow cyclone over France and Germany to the cyclone over the Baltic countries in the direction of WSW-ENE at its southern edge. The cold front of the western cyclone had remained for almost 12 hours at the western slopes of the Alps. Therefore, the Carpathian Basin had been open for the WSW flow of the western shallow cyclone for almost 24 hours. The WSW flow of the wide warm sector carried moist, potentially unstable air masses from the Mediterranean Sea — as indicated in *Fig. 5* — by the Showalter-indices and the distribution of the amount of precipitable water,

2.1 Instability line A. The first isochron of the instability line A appeared at 12 UTC at the south-western border of Hungary (Fig. 1). At the same time, an intensive precipitation area with a length of 180 km and a width of 80—90 km appeared on the radar chart. The first isochron indicates its pseudo-front as well. In the METEOSAT—2 IR picture (Fig. 6), the distribution of the cloud top temperature shows a long stretched cloud system consisting of some cells in the direction of WSW—ENE; the cell at its western border is the instability line A identified on the radar and meso-synoptic charts. In the above mentioned pre-storm situations the evolving instability line was parallel with the basic cold front and it did not form a part of a greater convective system. The cloud system consisting of many cells in Fig. 6 was well defined at 09 UTC, as it is shown in Fig. 7. Altocumulus and cirrus cloud cover can be observed under the isotherms -32 , -42 °C extending over the area of Transdanubia. Distinguishing it from the near circular shaped meso-scale convective complexes and from the „classic” prefrontal instability lines, the convective system in Figs. 6. and 7 is defined as a *meso-scale longitudinal convection band*.

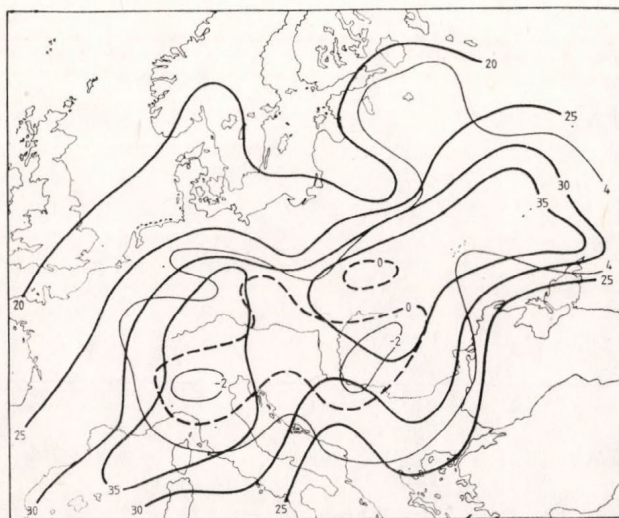


Fig. 5. Distribution of the Showalter index (dotted line) and the precipitable water at 12 UTC on 19 August 1986

The development of the longitudinal convection band can be explained by the processes shown in Fig. 8. The synoptic situation corresponds to the system in Fig. 4 at the surface of 850 hPa. The interpretation of further synoptic processes and objects is represented by the isobaric field of the moist isentropic surface of $\Theta_w = 16$ °C, and by a part of $\Theta_w = 18$ °C. The arrows indicate trajectories of warm moist and cold dry conveyor belts. With rough approximation the trajectories were derived from streamlines of the flow at a given isentropic surface. The systems represented by the isentropic analysis show that the longitudinal convection band indicated in the IR picture, formed parallel with the warm moist conveyor belt to the left from its axis, under the mid-tropospheric dry cold belt. The warm moist conveyor belt rises adiabatically from 950 hPa to 800 hPa, while the midtropospheric dry cold belt over it is pas-

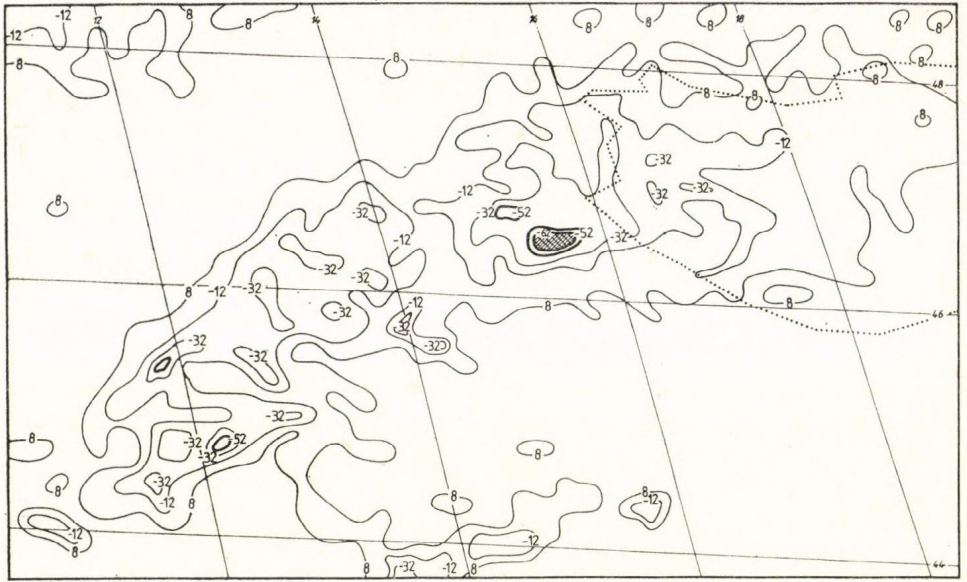


Fig. 6. The meso-scale longitudinal convection band in the METEOSAT—2 IR picture at 12 UTC on 19 August 1986

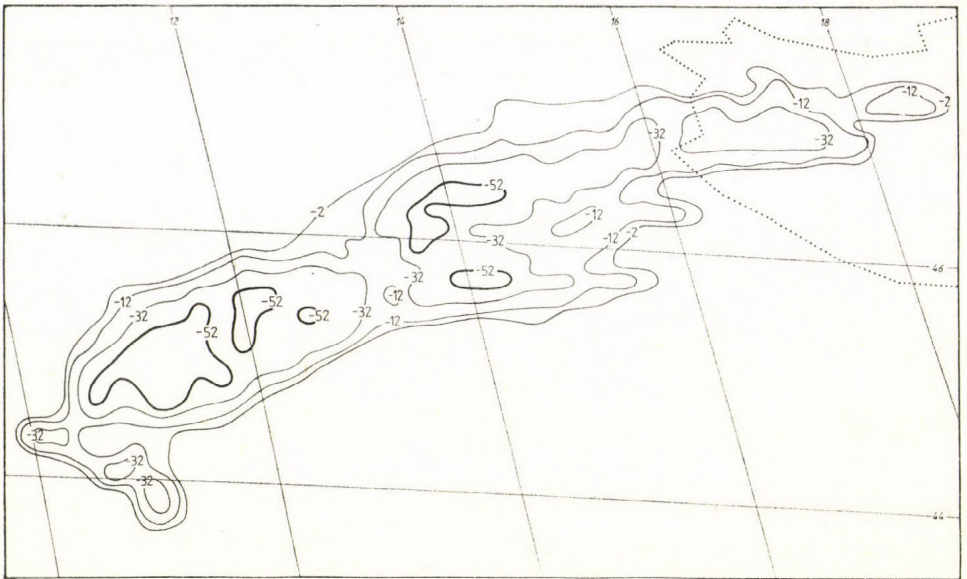


Fig. 7. The meso-scale longitudinal convection band in the METEOSAT—2 IR picture at 09 UTC on 19 August 1986

sing above the warm one with an adiabatically sinking and then slowly rising motion.

The described processes are justified by a vertical cross-section in approximately WSW—ENE direction of the pseudo-moist potential temperature Θ_w (Fig. 9). The isopleths of Θ_w rise steeply, the air layers are convectively unstable ($d\Theta_w/dz < 0$). The convective instability layer top (CIT) reaches 700 hPa. Above the convectively unstable lower troposphere a middle tropospheric cold flow appears as a characteristic feature determining the potential instability:

Along the warm moist conveyor belt the cell of the longitudinal convection band reaching the Julia-Alps, Karn-Alps and the Karavankas, intensified here under their influence and new cells formed. The pseudo-front of the developed convective system becomes perpendicular to the axis of the original longitudinal convection band, and it passes over the Carpathian Basin — through Slovenia and Croatia — as an instability line.

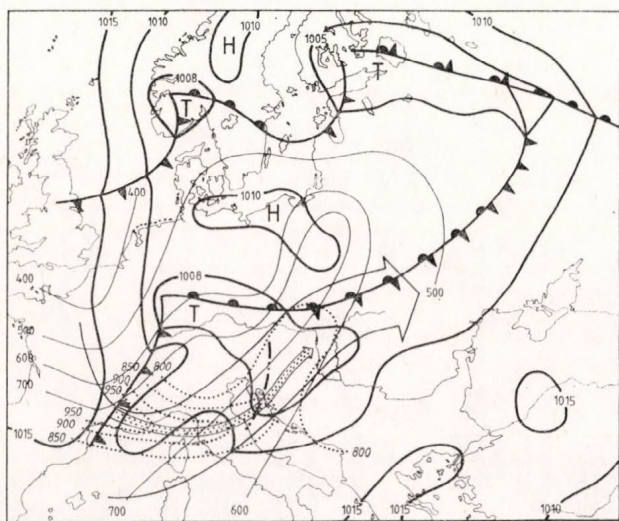


Fig. 8. Synoptic situation at 12 UTC on 19 August 1986. The thin and dotted lines represent isobars of moist isentropic surfaces for $\Theta_w = 16$ °C, respectively. The arrows indicate the conveyor belts

The distribution of the precipitation intensity estimated by radar shows a two-cell instability line at 14 UTC in the region of Transdanubia (Fig. 10). The more intensive southern cell caused wind gusts exceeding 25 m/s and precipitation amounts more than 30 mm. This instability line became weaker by 18 UTC, its northern cell disappeared, the intensity of its southern cell decreased and it left Hungary in a dissipating stage at 21 UTC.

2.2 *The instability lines B and B'*. The first isochron of the instability line B can be seen at the western border of Hungary at 21 UTC (Fig. 2). According to Fig. 11 this line was a well-organized intensive two-cell system at 21 UTC. One hour later its northern cell separated from the southern one with a faster motion. Cell B was in the region of Budapest at 23 UTC as it can be seen in Fig. 12. The instability line B' consisting of more cells followed the previous one with a distance of 50—100 km. The displacement of the instability line B

was accompanied by wind gusts above 25 m/s, as well as by a local hail. The two separated instability lines are also indicated by the distribution of the cloud top temperature in *Fig. 13*.

The instability lines *B* and *B'* developed according to the classical pattern: they evolved in the open warm sector before the cold front passing over the Alps in 12 hours. This is shown in the surface weather map (*Fig. 14*) as well as

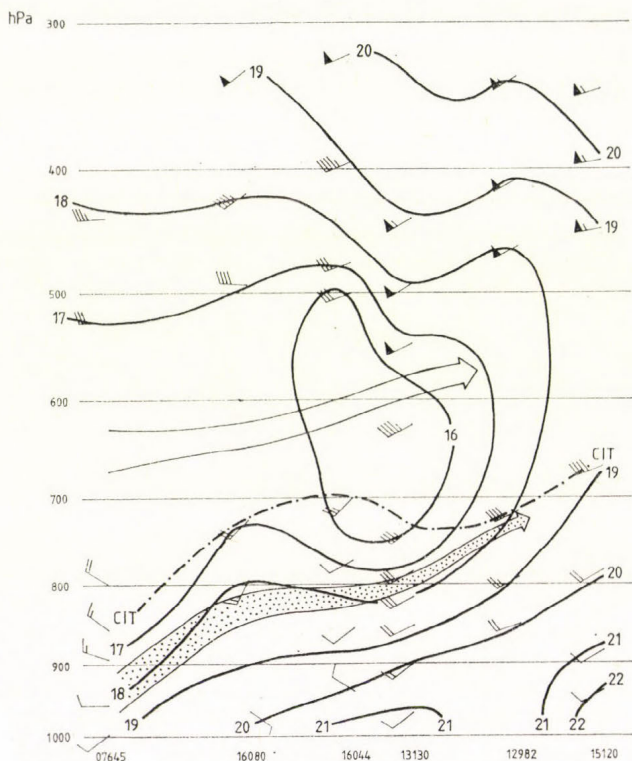


Fig. 9. Vertical cross-section of pseudo-moist potential temperature Θ_w in WSW-ENE direction at 12 UTC on 19 August 1986. The line .-.- indicates convective instability layer top

by the moist isentropic surface of $\Theta_w = 16^\circ\text{C}$ on which the middle tropospheric cold air flowed above the warm sector. The distribution of the isophlets of the pseudo-moist potential temperature Θ_w indicates this process in *Fig. 15* in a nearly W-E vertical cross-section. The cold air subsides adiabatically behind the near-surface cold front, therefore the isotherms of the METEOSAT-2 IR picture (*Fig. 13*) show a cloudless postfrontal area. Before the surface cold front the middle-tropospheric cold air draws steeply above Budapest, while the warm moist air below it is convectively unstable.

A comprehensive representation of the described process is indicated by the time vertical cross-section of the pseudo-moist potential temperature Θ_w above Budapest (*Fig. 16*). The warm moist conveyor belt and the adiabatically subsiding mid-tropospheric flow above it with the cold dry conveyor belt can be seen in the convectively unstable lower troposphere,

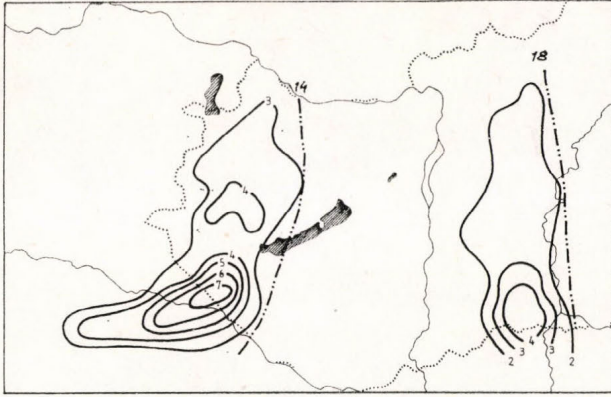


Fig. 10. The instability line A at 14 UTC (in a developed stage) and at 18 UTC (in dissipated stage) on 19 August 1986

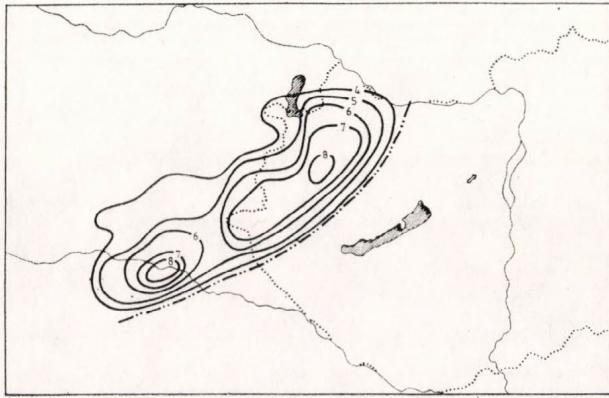


Fig. 11. The instability line B at 21 UTC (in a developed stage) on 19 August 1986

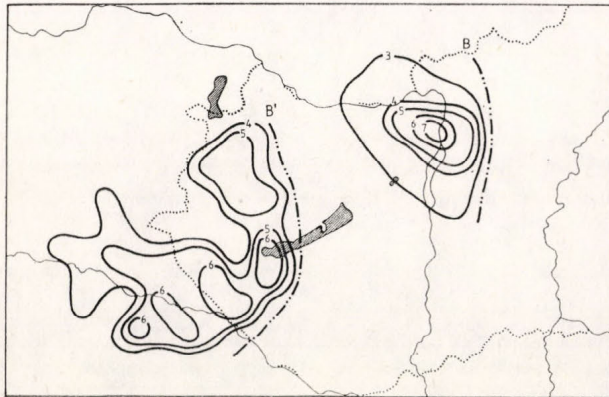


Fig. 12. The instability lines B and B' at 23 UTC on 19 August 1986

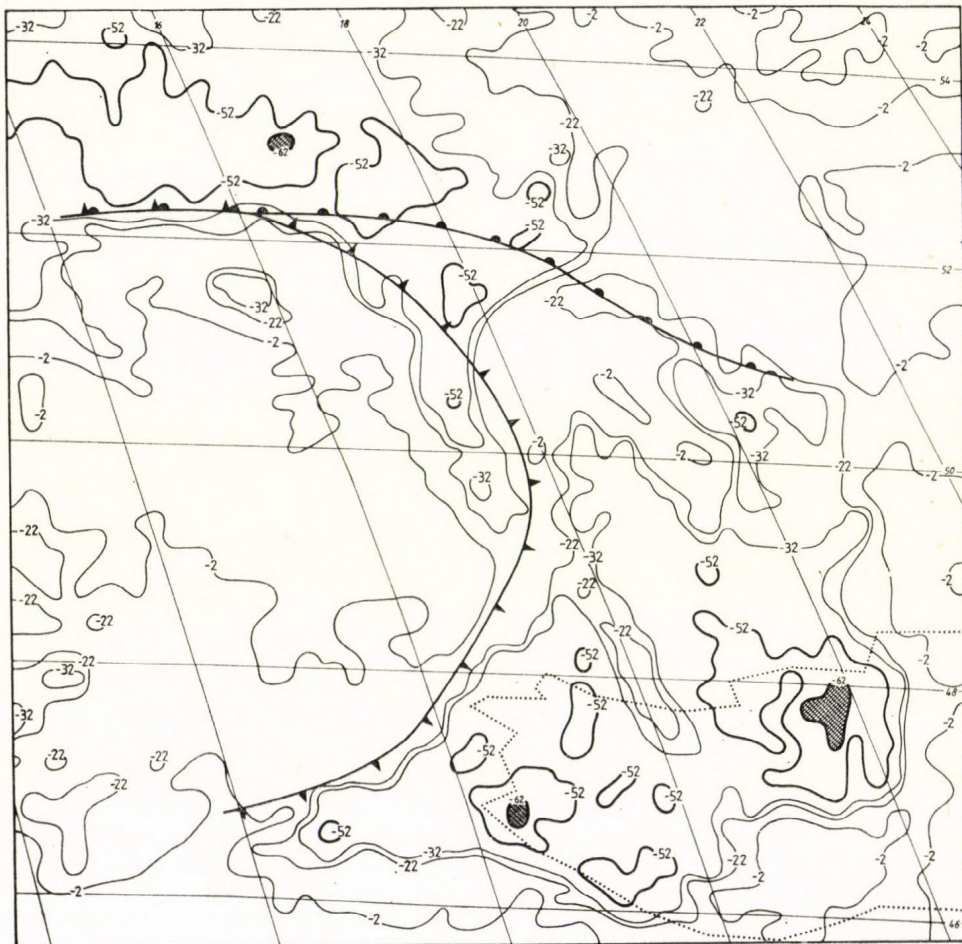


Fig. 13. The fronts and instability lines B and B' in METEOSAT—2 IR picture at 23 UTC on 19 August 1986

(It can be seen in this figure that the state of the air was convectively unstable from 19 UTC on 18 August to 02 UTC on 19 August. Accordingly a strong convective activity in the north-western part of Transdanubia developed in this period. However, these convective storms belonged to a meso-scale convective complex which was located to the north of Hungary. The analysis of this system, however, is out of the scope of this study.)

3. Conclusions

1. As far as the Carpathian Basin is concerned, the synoptic situation can be defined as a pre-storm situation when the frontal zone long stretching in the WSW-ENE direction is linked to a cyclone above Western-Europe near the latitude of 50°. The eastward motion of the cold front of the western cyclone is

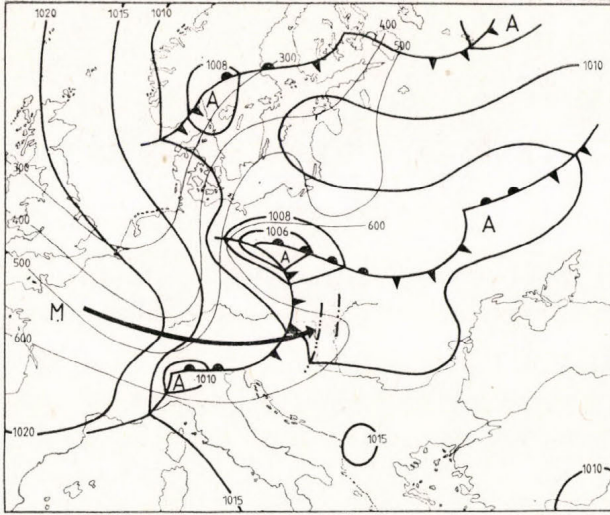


Fig. 14. Synoptic situation and isobars of the pseudo-moist isentropic surface of $\Theta_w = 16^\circ$ at 00 UTC on 20 August 1986

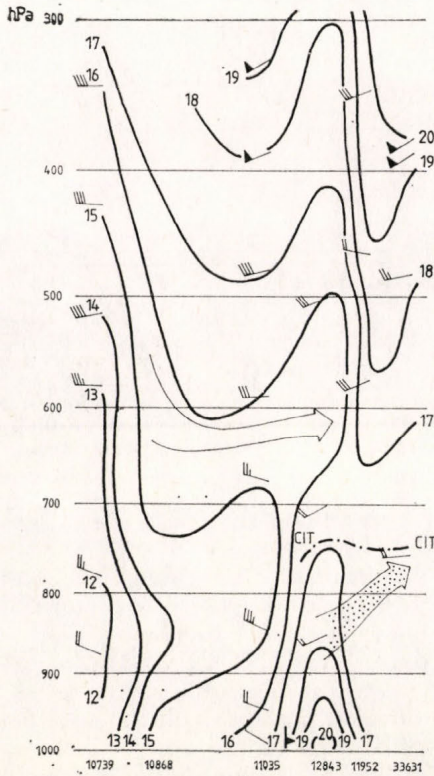


Fig. 15. Vertical cross-section of pseudo-moist potential temperature Θ_w in W-E direction at 00 UTC on 20 August 1986

blocked by the Alps. Therefore, a warm moist conveyor belt develops far from the central region of the cyclone, in the wide warm sector at the southern slopes of the Alps. The „orographic blocking” of the Alps does not affect the mid and high tropospheric flow.

2. A longitudinal convection band develops to the left from the axis of warm moist conveyor belt, parallel with it, below the cold dry belt.

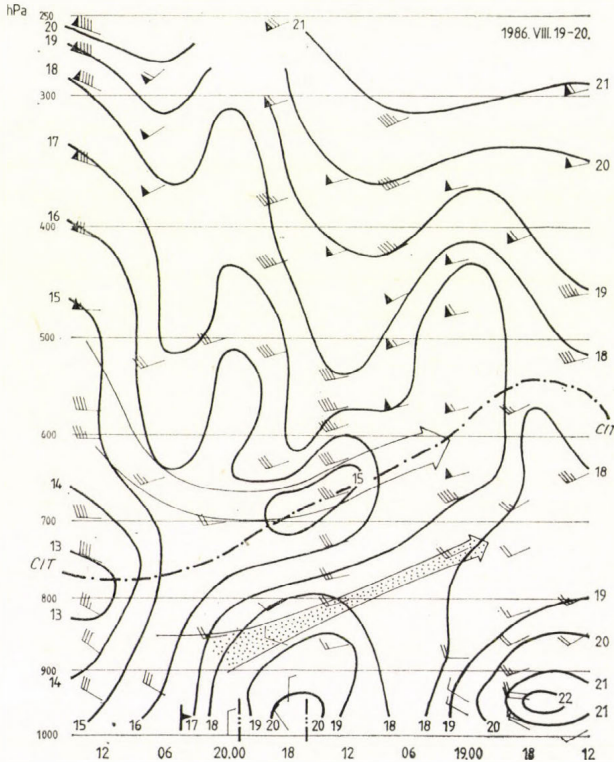


Fig. 16. Time vertical cross-section of pseudo-moist potential temperature Θ_w above Budapest in the period from 18 UTC on 18 August 1986 to 12 UTC on 20 August 1986

3. This longitudinal convection band can be identified well in the IR cloud pictures, and its internal cell structure can also be revealed.

4. The cell of the longitudinal convection band approaching the southeastern slopes of the Alps becomes intensive, and new cells form. The pseudo-front of the new object is perpendicular to the original meso-scale longitudinal convection band, and it passes over the Carpathian Basin as an independent instability line.

5. Instability lines develop parallel with the cold front passing over the region of the Alps later, because of the convective instability in the lower troposphere and the cold dry belt in the middle troposphere.

REFERENCES

- Bodolai, I., Bodolainé-Jakus, E. and Böjti, B.*, 1967: Macrosynoptical condition for the formation of Slovenian squall-lines and some properties of cold fronts with thunderstorm. *Időjárás* 3, 129—143.
- Bodolainé-Jakus, E.*, 1980: Use of precipitation measurements by radar in short-range forecasting of precipitation. *OMSZ Kisebb Kiadványai* 48, Budapest.
- Bodolainé-Jakus, E., Kapovits, A., Pintér, F. and Tünczer, T.*, 1987: Detailed analysis of meso-scale convective complex situation in the Carpathian Basin. *Proc. Symp. Meso-scale Analysis and Forecasting*. Vancouver, Canada, 17—19 August 1987, ESA SP—282, 345—350.
- Browning, K. A.*, 1983: Mesoscale structure and mechanisms of frontal precipitation systems. Crown Copyright 1983, 91 pp.
- Browning, K. A.*, 1985: Conceptual models of precipitation systems. *Meteor. Mag.* 114, 293—319.
- Carlson, T. T.*, 1980: Airflow through midlatitude cyclones and the comma cloud pattern. *Mon. Wea. Rev.* 108, 1498—1510.
- Carlson, T. N., Benjamin, S. G. and Forbes, G. S.*, 1983: Elevated mixed layers in the regional severe storm environment: conceptual model and case studies. *Mon. Wea. Rev.* 111, 1453—1473.
- Maddox, R. A.*, 1980: Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 61, 1374—1387.
- Pintér F. és Tünczer T.*, 1984: A talajfelszíni hőmérséklet kiszámítása infravörös METEOSAT—WEFAX adatokból. *Beszámolók 1984*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 55—61.
- Zárójelentés a „Magyarországon heves zivatarokat és szélviharokat okozó prefrontális instabilitási vonalak természetének vizsgálata meteorológiai műhold és időjárási radarinformációk bevonásával” c. az Akadémiai Központi Kutatási Alapból 1—3—86—319 számon támogatott, állami megbízásként végzett munkáról.* Budapest, 1989.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 94. évf. 5. szám. 1990. szeptember-október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 94 No. 5 Sept—Oct 1990. Budapest

Időjárási radarechók használata a balatoni viharjelzésben

BARTHA IMRE és ZSIKLA ÁGOTA

*OMSZ Viharjelző Observatóriuma
H—8601 Siófok, Pf. 80.*

A balatoni viharjelzés utóbbi években bekövetkezett technikai korszerűsítésével egyidőben igényként és elvárásként jelentkezett az intenzív megfigyelési rendszerekhez (radar, műhold) jobban alkalmazkodó előrejelzési és döntési módszerek kidolgozása és fejlesztése. Jelen tanulmányunk ehhez a feladatkörhöz kapcsolódik. A kidolgozott eljárás a manuálisan digitalizált radaradatok számítógépes értelmezését segíti.

A tanulmány a Balaton térségére veszélyes Cb-radarechók tér- és időbeli követésének automatizálását és egy korábban, veszélyjelzések készítéséhez kifejlesztett döntési modellbe való beépítését ismerteti koordináta geometriai megoldás és közelítés alkalmazásával.

A kapott eredményeket a gyakorlati felhasználásra vonatkozó statisztikai vizsgálat egészíti ki.

*

Use of radar echos in storm warning at Lake Balaton. In recent years, new perspective and possibilities have been opened by a remote controlled light-signalling system and satellite, radar as well as special meteorological instruments for the storm warning meteorologist at Lake Balaton. These facts claimed the working-out and development of forecasting and decision methods accomodating better to the above-mentioned storm warning and special observational system. The study is related to the scope of these tasks. The worked-out procedure can help the computerized interpretation of manually digitised radar data.

The automation using co-ordinate geometric solution and approach of tracking in space and time of severe radar echoes with respect to the region of Lake Balaton and its building into a previously developed decision procedure for storm warning are demonstrated in the study.

The obtained results are completed by the statistical investigation of application to the storm warning practice.

1. Bevezetés

A zivatarfelhőket kísérő veszélyes időjárási jelenségek felderítésekor a meteorológiai radar révén megbízható diagnosztikai adatokhoz jutunk és a radarechó jellege alapján rekonstruálhatjuk a meteorológiai elemek, vagy elemegyüttesek földfelszíni viselkedését. Ezek ismerete elősegíti a konvektív aktivitással terhelt jelenlegi időjárás pontosabb leírását, mező- és kisebb léptékű objektumainak azonosítását, változásaik ultrarövidtávú (0—3, ill. 3—12 órára vonatkozó) előrejelzését (*Brüljov és Nizdojminoga, 1977*).

A meteorológiai szakirodalomban az elkövetkező néhány (0—3) órára vonatkozó előrejelzésre közismerten az angol „nowcasting” terminológiát

alkalmazzák, amely többnyire interaktív számítástechnikai eljárással valósul meg. Ehhez alapvető fontosságú a radarállomásokon folyó megfigyelések automatizálása és a különböző adatforrásokból származó meteorológiai információk komplex feldolgozása, értelmezése (Browning és Collier, 1982).

2. Probléma-felvetés és irodalmi áttekintés

A Központi Előrejelző Intézet szervezeti keretébe tartozó Siófoki Viharjelző Observatóriumban nyáron működő szolgálat az, amelynek elsődleges feladata viharos szél várható kialakulása esetén riasztások (veszélyjelzések) elrendelése. Ez a feladat az intenzív megfigyelési rendszerekből (radar, műhold) származó adatok felhasználásával, valamint a közelmúltban korszerűsített, számítógéppel vezérelt balatoni viharjelző rendszer működtetésével összefüggően számos elméleti és gyakorlati problémát vet fel (Bartha et. al., 1986).

Nyilvánvaló, hogy az intenzív megfigyelőrendszer potenciális lehetőségeinek kihasználása csak fejlett számítástechnikai háttérre támaszkodó nowcasting rendszer keretein belül képzelhető el. Ilyen irányú fejlesztések az OMSz intézeteiben már évek óta folynak egy operatív képfeldolgozó rendszer megvalósítása érdekében. A teljességre való törekvés nélkül ehhez kapcsolódva megemlíthetjük, hogy 1985–86-ban Pintér et al. (1986) egy interaktív számítógépes eljárást dolgoztak ki a KLF1 CII 10 010-es képfeldolgozó konfigurációján a METEOSAT geostacionárius műhold adataiból előállított hurokfilmek interpretálására. A mérvadó felhőelmozdulásból származó vektorokat a Balaton térségében fellépő maximális szellőkéssel hozták kapcsolatba úgy, hogy a felhőelmozdulásból számított maximális szélvektort a maximális szellőkéssel vetették össze. E vizsgálat azon a feltevésen alapul, hogy az alacsonyszintű felhőzet elmozdulásából számított nagy szélvektor az impulzusmomentum lefelé történő áttevődése folytán várhatóan a talajközelen is erős széllel párosul. Az elmozdulásokat a képernyőn a fényceruzával pixel pontossággal kijelölt felhőelemek földrajzi koordinátaiból számították ki, és az az időkülönbség számításba vételével határozták meg a mozgásvektorokat.

1986-ban, a Nyíregyházi Radarmeteorológiai Observatóriumban az MRL—5 radarberendezéshöz kapcsolva kísérletek folytak egy mikroszámítógéppel vezérelt automatizálási berendezéssel (Groska, 1986). Ezt követte 1987-ben az automatizált rendszer által gyűjtött digitális adatok interpretálásának megoldása a TPA képfeldolgozó rendszerén (megjelenítés, transzformáció sztereografikus vetületre, képek archiválása stb.). Dombai et. al. (1987) a digitális radartérképek megjelenítéséhez több különböző maszkképet készítettek a földrajzi, időbeli azonosítások céljából. A megjelenítés során lehetővé vált a koordináták, a pixelértékek leolvasása, továbbá adott pixelértékek kiválogatása. Időközben (1989-ben) mód nyílt e kísérleti automatizálási rendszer szentgotthárd-farkasfai telepítésére is, amely további digitális radaradatok feldolgozását és interpretálását teszi majd lehetővé.

Ami a balatoni viharjelzés utóbbi években bekövetkezett technikai korszerűsítését illeti, igényként és elvárásként jelentkezett az említett megfigyelési rendszerekhez jobban alkalmazkodó előrejelzési és döntési módszerek kidolgozása és fejlesztése, beleértve az egyelőre még manuálisan digitalizált radaradatok speciális interpretálásával kapcsolatos feladatok megoldását is.

A korábban végzett hazai kutatások (Bartha és Böjti, 1983) folytatásaként az elmúlt néhány évben sikerült egy döntési modellt kifejleszteniünk

(Bartha, 1987) veszélyjelzések készítéséhez. A modell segítségével egy-egy, a Balaton térségére mérvadó radarmérést követően előrejelezhető, hogy a zivatarfelhőket kísérő maximális széllokések (V_{\max}) a viharjelzési szempontból számításba jövő három szélkategória (0: $V_{\max} < 12$; 1: $12 \leq V_{\max} \leq 17$; 2: $V_{\max} > 17$ (m/s)) közül várhatóan melyikhez tartoznak. A viharjelzési gyakorlatban e három szélkategóriához rendre három viharjelzési fokozat rendelhető: nincs viharjelzés; I. fokú viharjelzés; II. fokú viharjelzés. A döntési eljárás bemenő adatait és paramétereit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatosan bemutatott radar, aerológiai és felszíni észlelési adatokból, valamint ezek kombinációjából származtatott paraméterek egyedi kapcsolatban állnak a konvektív aktivitás fejlettségével, tehát prognosztikai értékük van.

A felhasznált paraméterek közül a $\lg Z_3$, Y , ΔH és ΔH^* paramétereket

1. TÁBLÁZAT

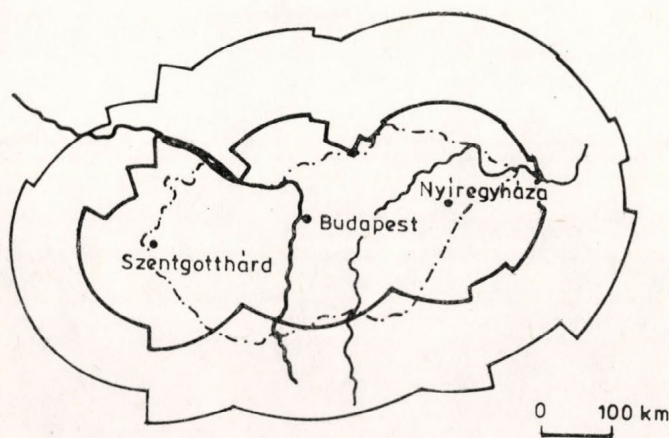
Az objektív döntési eljárás (Bartha, 1987) bemenő adatai

Radar	Aerológiai	Felszíni
Mért paraméterek		
H_{\max} , $\lg Z_3$	H_{trop} , $H_{-22^\circ\text{C}}$	T_{akt} , V_{\max} , P
Származtatott paraméterek		
$Y = H_{\max} \lg Z_3$ $\Delta H = H_{\text{trop}} - H_{\max}$ $\Delta H^* = H_{\max} - H_{-22^\circ\text{C}}$	Θ_{wo} Θ_{k} $T_{\text{max}}^{\text{prog}}$	$T = T_{\text{akt}} - \Theta_{\text{wo}}$ $T_{\text{max}} = T_{\text{max}}^{\text{prog}} - \Theta_{\text{wo}}$ P
Időjárási karakterisztikák		
Markáns időjárási objektum	Talajközeli izobárstruktúra	Bagrov-féle analógia
Kódok		Indexek
C, G, H, I, J	A, E, F, K, L, M, N, O	$\{\rho_\varphi\}$ talaj, 500 hPa $\{\rho_\lambda\}$ talaj, 500 hPa $\{\rho_\varphi \rho_\lambda\}$ talaj, 500 hPa

H_{\max}	— radarechó tető	C	— konvergencia vonal
Z_3	— radar reflektivitási tényező	G	— meleg front
H_{trop}	— tropopauza magassága	H	— instabilitási vonal
$H_{-22^\circ\text{C}}$	— a -22°C -os szint magassága	I	— hideg front
Y	— zivatar veszélyességi kritérium	J	— okklúziós „front”
Θ_{wo}	— 0°C -os szint nedves potenciális hőmérséklete	A	— izobárikus „mozsár” ($\Delta p < 1$ hPa/100 km) időjárási helyzet
Θ_{k}	— Cu-kondenzációs szint potenciális hőmérséklete	E	— divergencia
T_{akt}	— aktuális hőmérséklet	F	— prefrontális gradiens helyzet
V_{\max}	— mért szélmaximum	K	— posztfrontális gradiens helyzet
p	— talajközeli légnnyomás	L	— Genovai-ciklon aktivitás
ΔT	— lehülési érték	M	— Azori anticiklon orrhelyzet
ΔT_{\max}	— maximális lehülési érték	N	— ciklon centruma a Kárpát-medence fölött
Δp	— talajközeli légnnyomási gradiens	O	— anticiklon centruma a Kárpát-medence fölött
$T_{\text{max}}^{\text{prog}}$	— előrejelzett maximális hőmérséklet		

(értelmezésük az 1. táblázatban) egy döntési eljárásban egyesítve, ezek küszöbértékeit elérő vagy meghaladó értékek alapján osztályozzuk a Balaton térségét veszélyeztető, 4 km-nél nagyobb tetővel rendelkező Cb-radarechókat. E radarchók osztályokba sorolása megfelel a viharjelzési szempontból fontos három szélkategóriának (0, 1, 2). A mérvadó legfejlettebb Cb-radarechók osztályozása kiegészül annak az aktuális időjárási helyzetnek a mérlegelésével is, amelyben, vagy amelynek a hatására a zivatarfelhő kifejlődött a veszélyeztetett térségben. Erre szolgálnak az 1. táblázatban bemutatott további paraméterek, indexek és kódok.

A szélveszélyes időjárási objektumok Cb-radarechóinak a Balaton térségébe várható érkezési időpontjai sikeres előrejelzésében döntő jelentőségű ezen echók helymeghatározása, tér- és időbeli követésének automatizálása és a vázlatosan ismertetett döntési modellbe történő beépítése.

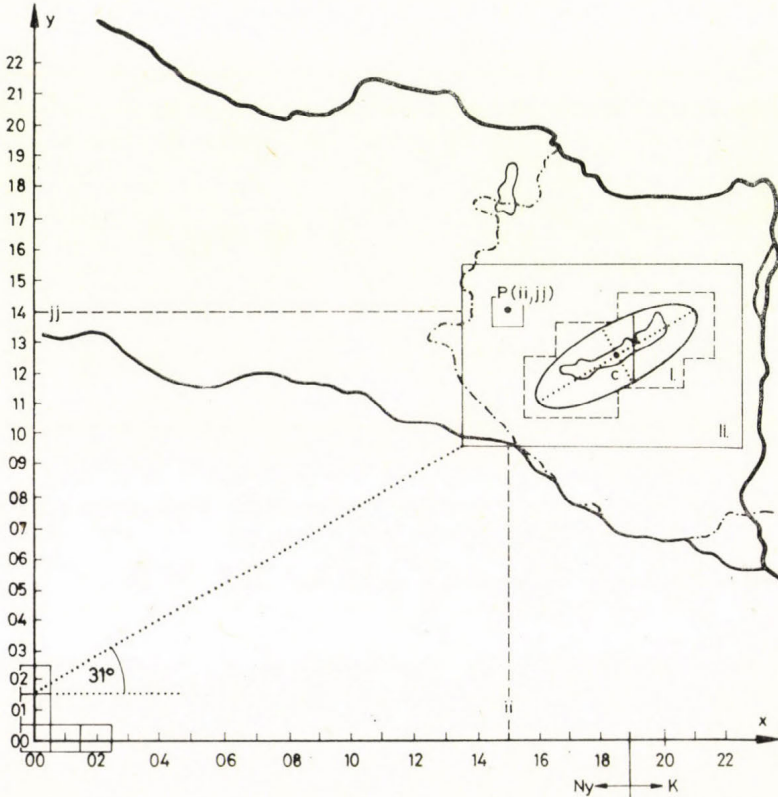


1. ábra. Időjárási radarhálózat (egyesített) megfigyelési zónái Magyarországon (Kapovits A., 1984 nyomán). Radarállomások: Szentgotthárd-Farkasfa, Budapest-Ferihegy, Nyíregyháza-Napkor

Az operatív gyakorlatban az időjárási radarmegfigyelések manuálisan digitalizált információit a Szolgálatunknál 1982-ben bevezetett (Tóth és Vesza, 1983) $M = 1 : 2,5$ milliós méretarányú poláris sztereografikus vetületű térképre szerkesztett derékszögű rácshálózaton dolgozzuk fel (Kapovits és Tóth, 1987). Ez a rácshálózat a három radarállomás: Szentgotthárd—Farkasfa, Budapest—Ferihegy és Nyíregyháza—Napkor hatósugarának közös tartományát lefedő (1. ábra) 20×20 km²-es területű négyzetelemekből áll. A mindennapi gyakorlatban e négyzetelemekből álló egyesített radarrácsot mátrixként kezelve használjuk. A 48×33 négyzetelemből álló mátrix a derékszögű rendszer x tengelye mentén 00-tól 47-ig (ii), az y tengelye mentén pedig 00-tól 32-ig (jj) terjed. Ebben a derékszögű rácsrendszerben követjük a Balaton térségét veszélyeztető radarechók fejlődését is. A mérvadó Cb-radarechók viharjelzés számára fontos mért karakterisztikái (H_{max} , lgZ_3 — lásd az 1. táblázatot) URH-s adatközléssel ún. RADAR SPECI formában állnak rendelkezésünkre a 10 cm-es hullámhosszon mérve (Kapovits, 1984). A négyzetek koordinátaival megadott radarechók az áthelyeződési sebesség és irány, valamint az intenzitási fokozatoktól függően lesznek a zivatarfelhőket kísérő maximális szállókések előrejelzésére kifejlesztett interaktív számítógépes döntési modell (Bartha és Horváthné Zsikla, 1987) bemenő adatai.

3. A vizsgálat módszere és eredményei

A Cb-radarechók tér- és időbeli követésének automatizálásához a következő egyszerűsítéseket vezettük be: A radarrács rendszer (ii, jj) koordinátájú négyzetelemeiben megadott echókat a négyzetek középpontjaiba ponttá zsugorítva értelmezzük (2. ábra). Ezek olyan derékszögű koordinátarendszer pontjai lesznek, amelynek origója a radarrács rendszer $O(00,00)$ koordinátájú négyzetelem középpontja; x tengelye a $jj = 00$, y tengelye pedig az $ii = 00$ koordinátájú négyzetelemek középpontjain áthaladó egyenesek. Ebben az x - y derékszögű koordinátarendszerben minden egyes 20×20 km²-es területű



2. ábra. Derékszögű koordinátarendszer a Balaton térségére veszélyes Cb-radarechok tér- és időbeli követésének automatizálásához, koordinátageometriai segédletekkel.

négyzetelemnek megfelel egy-egy, a négyzetelemek (ii, jj) koordinátaival megegyező koordinátájú $P(ii, jj)$ pont. Ily módon a Cb-radarechók tér- és időbeli követése ezen ponttá zsugorított echók Balaton térségéhez viszonyított elmozdulásainak folyamatos követésével valósul meg. Mivel a Balaton kontúrja, amelyhez viszonyítjuk a ponttá zsugorított echók mozgását, geometriai alakzatként bonyolult, olyan síkbeli geometriai alakzattal kellett azt helyettesíteni, amely egyrészt tartalmazza a tó térségét közvetlenül lefedő négyzetelemek középpontjait, másrészt alaktanilag a legoptimálisabban helyettesíti annak dél-nyugat-északkeleti irányban elnyúlt, valóságos sziluettjét. Erre legalkalmasabbnak egy olyan ellipszis bizonyult, amelynek az x tengely pozitív felével

31°-os szöget bezáró nagytengelye egybeesik a tómedence hosszanti tengelyével, kistengelye pedig az említett koordináta-rendszerben 2 egységnyi. A kérdéses ellipszis az alábbi kétismeretlenes másodfokú egyenlettel adható meg:

$$x^2 + 2,184y^2 - 2,24xy - 9,17x - 13,49y + 166,33 = 0. \quad (1)$$

Az ellipszis paraméterei: $a = 8,5$, $b = 1,0$, $c = 7,5$ koordinátaegység, a középpont koordinátái $C(18,5, 12,5)$. E Balaton térségét is magában foglaló ellipszis négyzetelemekkel éppen lefedő, 6400 km²-nyi területét a továbbiakban a tó térségének közelkörzeteként (I) vesszük figyelembe. A közelkörzethez

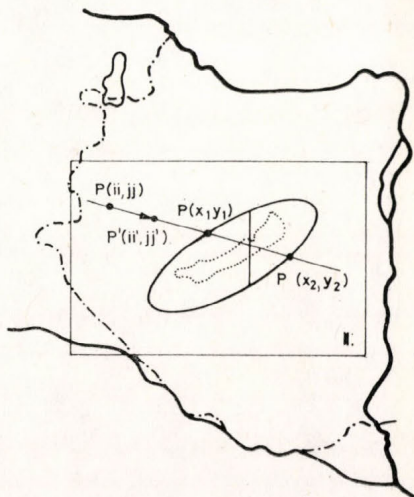
3. ábra. Cb-radarechók Balaton térségéhez viszonyított helymeghatározása a 2. ábrán alkalmazott derékszögű koordináta-rendszerben.

Jelmagyarázat:

Ha $\overline{PP_k} \geq \overline{P'P_k}$, akkor a Cb-radarecho középpont közeledik a Balaton térségéhez,

ha $\overline{PP_k} < \overline{P'P_k}$, akkor a Cb-radarecho középpont távolodik a Balatontól,

ahol $\left\{ \begin{array}{l} \overline{PP_k} = a P(ii, jj) \text{ radarecho középpont } \Delta t \text{ idő alatti elmozdulás vektora,} \\ P_k = a P(ii, jj) \text{ radarecho középpont nyomvonalának az ellipszissel alkotott metszéspontjai,} \\ k = 1, 2. \end{array} \right.$



közvetlenül csatlakozó, négyzetekkel lefedett 15 200 km²-nyi területet (II) pedig a Balaton térségére veszélyes zivatarfelhők távolkörzeti mintavételi területeként kezeljük. A közel- és távolkörzetek egyesített területe (I+II), amelynek körülbelül a középső részén helyezkedik el a tó medencéje, 21 600 km²-nyi téglalap alakú területet fed le a Dunántúl középső részén (2. ábra). Ilyen stilizált mintavételi térségben egy-egy ponttá zsugorított radarechó tér- és időbeli követéséhez a következő koordináta-geometriai megfontolásokat használtuk fel:

Tekintsünk egy 20×20 km²-es kiterjedésű Cb-radarechót a $P(ii, jj)$ középpontba zsugorítva, kiszámítván e $P(ii, jj)$ pont ellipszistől vett legrövidebb távolságát a radarechó áthelyeződési irányába eső egyenesnek az (1) ellipszissel vett $P_k(x_k, y_k)$ metszéspontjaitól (3. ábra).

Az egyenes egyenlete a következő:

$$y = tg\alpha (x - ii) + jj, \quad (2)$$

ahol $\left\{ \begin{array}{ll} \alpha = 90^\circ - m_D m_D, & \text{ha } 90^\circ \geq m_D m_D > 0^\circ, \\ \alpha = 45^\circ - m_D m_D, & \text{ha } 360^\circ \geq m_D m_D > 90^\circ. \end{array} \right.$

Itt α az egyenes x tengely pozitív felével bezárt szöge, $m_D m_D$ pedig az echo radarral mért áthelyeződési iránya. A metszéspontokat az (1) és a (2) egyenletek összekapcsolásával kapott egyenletrendszer valós megoldásai adják. A felhasználásra kerülő metszéspontok számát az így előállt másodfokú egyenlet diszkriminánsa (D) dönti el:

$$D = B^2 - 4AC,$$

ha $\alpha = 90^\circ$ vagy 270°

$$\text{akkor } \begin{cases} A = 2,184 \\ B = -2,244ii - 13,49 \\ C = ii^2 - 9,17ii + 166,33 \end{cases}$$

ha $\alpha \neq 90^\circ$ vagy 270°

$$\text{akkor } \begin{cases} A = 2,184tg^2\alpha - 2,224tg\alpha + 1 \\ B = 2,224a - 4,368a tg\alpha - 13,49tg\alpha - 9,14 \\ C = 2,184a^2 + 13,49a + 166,33 \\ a = iitg\alpha - jj. \end{cases}$$

A diszkusszió alapján három eset lehetséges:

a) Nincs metszéspont ($D < 0$) — a Cb-radarecho elkerüli a Balaton térségét, azaz a radarral mért karakterisztikák nem kerülnek közvetlen felhasználásra.

b) Egy metszéspont van ($D = 0$) — ε radarecho „érintőlegesen” mozog a Balatonhoz képest, amikor is a legrövidebb távolságot a radarechonak az érintési ponttól vett távolsága adja:

$$\overline{P(ii, jj) P_k(x_k, y_k)} = \sqrt{(x_k - ii)^2 + (y_k - jj)^2}, \quad (4)$$

$$\text{ahol } \begin{cases} x_k : x_1 = x_2, \\ y_k : y_1 = y_2. \end{cases}$$

c) Két metszéspont van ($D > 0$) — ebben az esetben a Balatontól vett távolság alatt a metszéspontokkal számolt távolságok (4) minimumát értjük:

$$\min \overline{P(ii, jj) P_k(x_k, y_k)}, \quad (5)$$

$$\text{ahol } \begin{cases} x_k : x_1 \neq x_2, \\ y_k : y_1 \neq y_2. \end{cases}$$

A radarecho Balatontól vett távolságának ismeretében most már kiszámítható az az időtartam (t_{tartam}), amely az állandónak vélt áthelyeződési sebességgel ($s_D s_D$) számolva szükséges ahhoz, hogy a radarecho elérje a tó közelkörzetét (I)

$$t_{\text{tartam}} = \frac{20 \min \overline{P(ii, jj) P_k(x_k, y_k)}}{s_D s_D} \text{ (óra)}. \quad (6)$$

A (6) összefüggés ismeretében megadható az az időpont ($t_{\text{elérés}}$), amikor a Cb-radarecho várhatóan eléri a Balaton térségét reprezentáló ellipszis görbét:

$$t_{\text{elérés}} = t_{\text{tartam}} + t_0 \quad (\text{UTC}), \quad (7)$$

ahol $t_0 = a$ mérvadó Cb-radarecho felderítésének időpontja (UTC).

A Cb-radarecho Balaton térségéhez viszonyított elmozdulásainál lényeges megkülönböztetni a tó térségéhez való közeledés, ill. távolodás állapotait is hiszen ezek a veszélyesség szempontjából nem egyformán értékelendők. A radarecho közeledésének vagy távolodásának a meghatározására a következő eljárást alkalmaztuk:

Megadtunk egy olyan elegendően kicsiny Δt időt, amely alatt a $P(ii, jj)$ középpontú Cb-radarechó egy négyzetrács félátlójánál ($10\sqrt{2}$) kisebb áthelyeződést érhet el. Ha a továbbiakban egy $P(ii, jj)$ koordinátájú Cb-radarechó középpont a mindenkor áthelyeződési iránnyal és sebességgel Δt idő alatt olyan $P'(ii', jj')$ pontba helyeződik át (3. ábra) hogy teljesül a $\overline{PP_k} \geq \overline{P'P_k}$ távolság reláció

$$\text{ahol } \begin{cases} \overline{PP_k} = \min \overline{P(ii, jj) P_k(x_k, y_k)}, \\ \overline{P'P_k} = \min \overline{P'(ii', jj') P_k(x_k, y_k)} = \\ = \sqrt{[x_k - \underbrace{(ii + \Delta t s_D s_D \cos \alpha)}_{ii'}]^2 + [y_k - \underbrace{(jj + \Delta t s_D s_D \sin \alpha)}_{jj'}]^2}, \end{cases} \quad (8)$$

akkor a radarechó a Balatonhoz közelít, vagy már el is érte a tó térségét helyettesítő ellipszis görbét. Ellenkező esetekben a radarechó távolodik a Balatontól és így veszélyesség szempontjából ott már nem számottevő. Egyenlőség esetén az echó áthelyeződési sebessége, $s_D s_D = 0$. Az ilyen módon követett Cb-radarechókat a továbbiakban aszerint csoportosítjuk, hogy azok a Balaton mindkét, vagy csak az egyik (nyugati vagy keleti) medencéjét veszélyeztetik-e.

Viharjelzési szempontból azok a Cb-radarechók kerülnek felhasználásra a mért karakterisztikáikkal együtt, amelyek egyrészt a közelségi körzetben (I) található, másrészt a távolkörüzetben (II) olyan távolságra helyezkednek el az ellipszistól, hogy az odaérkezésük félórát meghaladóan, de legfeljebb egy óra múlva várható. Ez megfelel az automata fényjelzéssel kivitelezhető riasztási küszöbidőnek is. A riasztások elrendeléséhez a döntési modell bemenő adataiként ezek közül csak a maximális Y veszélyességi kritériumú (1. táblázat) echók kerülnek felhasználásra, figyelembe véve a Balaton térségének nyugati és keleti medencékre történő megosztási lehetőségeit is (Bartha et al., 1986).

Előfordulhatnak olyan esetek is, amikor nem áll rendelkezésünkre áthelyeződési irány és sebesség: egyrészt azért mert adott esetben a legelső radarmérésről van szó, másrészt a lassú áthelyeződés miatt (például ún. izobárikus „mocsár” időjárás helyzetben) ezek nem adhatók meg. Ilyen esetekben a vezetőáramlásnak megfelelő 700 hPa-os nyomásszinten mért szélirány (dd_{700}) és szélesség ($fff_{700} = V_{700}$) helyettesítheti az echók áthelyeződési irányát ($m_D m_D$) és sebességét ($s_D s_D$) a következő transzformációkkal:

$$\begin{aligned} m_D m_D &= dd_{700} + 180^\circ, & \text{ha } 180^\circ \geq dd_{700} > 0^\circ \\ m_D m_D &= dd_{700} - 180^\circ, & \text{ha } 360^\circ \geq dd_{700} > 180^\circ \\ s_D s_D &= 3,6 fff_{700} & (\text{km/ó}). \end{aligned} \quad (9)$$

A helyettesítéseknél figyelembe vettük Bodolainé Jakus (1980) kutatási eredményeit is, aki 30 vonalba rendezett echó pszeudofrontjának haladási irányát és sebességét közelítette a különböző magassági szintek szélirányával és sebességével. A legjobb összefüggést a 700 hPa-os szint szélességével kapta: $V_{pf} = 0,8 V_{700}$, ahol V_{pf} a pszeudofront haladási sebessége, V_{700} a 700 hPa-os szinten mért szélesség. A szerző a pszeudofront mozgásának iránya és a 700 hPa-os szélirány között ilyen szoros összefüggést már nem talált. Az esetek legnagyobb részében a vonalba rendezett echók pszeudofrontjának mozgási iránya a 700 hPa-os nyomásszint irányától 20° -kal tért el.

Mindezeket figyelembe véve, a Balaton térségét mintegy a középső részén magában foglaló 21 600 km²-nyi téglalap alakú mintavételi területen (2. ábra) a Cb-radarechók tér- és időbeli követésének számítógépes realizálása és döntési modellbe való beépítése az alábbiak szerint valósul meg:

1. Meghatározzuk és ellenőrizzük a Szentgotthárd—Farkasfa radarállomásról érkező kritikus értékeket meghaladó karakterisztikájú ($H_{\max} \geq 4$; $\lg Z_3 > 0$) Cb-radarechók Balaton-térségéhez viszonyított területi elhelyezkedését, és veszélyességét. Három eset lehetséges:

- Ha csak az I. körzetből állnak rendelkezésünkre radaradatok, akkor ezek közül azokat az echókat válogatjuk ki, amelyeknek a Balaton térségének területi megoszthatóságával is számolva maximális az Y veszélyességi kritériuma (1. táblázat). Ezeket a döntési modellbe történő beépítéskor az áthelyeződési sebességtől és iránytól függetlenül vesszük figyelembe bemenő adatokként.
- Ha csak a II. körzetből állnak rendelkezésünkre radaradatok, akkor a Cb-radarechók várható Balaton térségi hovatartozását az áthelyeződési irá-

2. TÁBLÁZAT

Különböző időjárási eseményekkel kapcsolatos csapadékmezők lineáris extrapolációs időskálái (Zipser, 1983 nyomán)

Időjárási esemény	Lineáris extrapoláció érvényességére vonatkozó időskála
Egyedi zivatar, vagy erős zápor	5—20 perc
Gyenge záporral kapcsolatos erős szélölkések	5—30 perc
Heves zivatar	10—60 perc
Orografikus zápor	1 óra
Mezokálán szerveződött zivatar	1—2 óra
Frontátvonulás	több óra

nyokkal érkező radarechók nyomvonalainak (trajektóriáinak) az ellipszissel való $P_k(x_k, y_k)$ metszéspontjai (3. ábra) határozzák meg. Az így azonosított, és állandónak vett áthelyeződési sebességükkel (s_{DSD}) követett echók közül csak azokat válogatjuk ki, amelyek a Balaton térségét helyettesítő ellipszist egy megadott kritikus idő múlva: félórát meghaladóan, de legfeljebb egy óra múlva érhetik el. Ez az időtartam összhangban van a zivatarfelhőkkel kapcsolatos csapadékmezők Zipser (1983) által közölt lineáris extrapolációs időskálákkal (2. táblázat), valamint a jelenlegi riasztási küszöbidőskálával. Ezt követően a megfelelően azonosított echók közül csak a maximális Y veszélyességi kritériumú echókat (1. táblázat) válogatjuk ki, figyelembe véve a Balaton térségének területi megoszthatóságát is. Amennyiben a radarechók Balaton térségébe érkezésének várható időpontja egy órát meghaladóan, de legfeljebb másfél óra múlva következne be, akkor fél órán belül újabb radarmérést kell elrendelni, tartván attól is, hogy az echók mozgása időközben felgyorsulhat.

- Ha az előbbieket (a és b) szerint azonosított Cb-radarechók az I. és a II. körzetekben egyaránt és egyidejűleg lépnének fel, akkor a figyelemmel kísérendő echók közül csak a maximális Y veszélyességi kritériumúak (1. táblázat) kerülnek felhasználásra bemenő adatokként. Természetesen itt is

figyelembe vesszük a Balaton térségének területi megoszthatóságát a modellben (Bartha, 1987) rögzített feltételekkel.

2. Az ilyen (a, b, c) módon figyelembe vett Cb-radarechók input adatokként kerülnek be a döntési modellbe, majd egy döntési eljárás az aktuális időjárási helyzet függvényében megadja a három szélkategóriának (0, 1, 2) megfelelő viharjelzési fokozatot: D_0 : nincs viharjelzés, vagy D_1 : I. fokú viharjelzés, vagy D_2 : II. fokú viharjelzés.

4. Következtetések

1. A balatoni viharjelzési gyakorlatban a Cb-radarechók tér- és időbeli követésének automatizálásával továbbfejlesztett döntési modellel a hagyományos (tényleges) riasztásokhoz képest optimálisabb döntések hozhatók, minimális ($< 1\%$ -os) alábecslési hibával (3. táblázat).

3. TÁBLÁZAT

A hagyományos szinoptikus döntések (D_0^* , D_1^* , D_2^*) és a Cb-radarechók követésével automatizált modell-döntések (D_0 , D_1 , D_2) összehasonlítása az 1986., 1987. és 1989. évek adatai alapján.

Jelmagyarázat:

$D_0^* = D_0$: nincs viharjelzés $\leftrightarrow V_{max} < 12$ m/s,
 $D_1^* = D_1$: I. fokú viharjelzés $\leftrightarrow 12 \leq V_{max} \leq 17$ m/s,
 $D_2^* = D_2$: II. fokú viharjelzés $\leftrightarrow V_{max} > 17$ m/s.

Döntések értelmezése	Döntések típusai							
	Hagyományos szinoptikus döntés				Modell-döntés Cb-radarechó követéssel			
	D_0^*	D_1^*	D_2^*	$D_0^* + D_1^* + D_2^*$	D_0	D_1	D_2	$D_0 + D_1 + D_2$
Fölébecslés db	—	27	102	129	—	24	74	98
Fölébecslés %	—	4,8	18,3	23,1	—	4,4	13,5	17,9
Megfelelő db	86	165	170	421	92	182	171	445
Megfelelő %	15,4	29,6	30,5	75,5	16,8	33,2	31,2	81,2
Alábecslés db	4	4	—	8	—	5	—	5
Alábecslés %	0,7	8,7	—	1,4	—	0,9	—	0,9
Összes döntés db	90	196	272	558	92	211	245	548
Összes döntés %	16,1	35,1	48,8	100	16,8	38,5	44,7	100

A hagyományos szinoptikus döntésekhez (riasztásokhoz) képest köze 10%-os a viharjelzési fokozat terén a megtakarítás, azaz a reális alacsonyabb fokozat melletti döntés, amely az egy- vagy kétfokozatú „fölébecslés”-i esetek csökkenéséből és a megnövekedett, alacsonyabb kategóriájú (D_0 és D_1) „megfelelő” döntési esetekből tevődik össze, levonván ezekből a nem reális „alábecslés”-i eseteket. Zivatarfelhős időjárási helyzetekben a radarechók követésének automatizálásával kiegészített döntési modellel közel 6%-kal javítható a viharjelzési szempontból fontos három szélkategória (0, 1, 2) bekövetkezésének megítélése, előrejelzése a hagyományos viharjelzési gyakorlattal szemben,

A számítógépes tesztelés az 1986., 1987. és az 1989. évi balatoni viharjelzési idények egyidejű óránkénti modell-döntésein (D_0, D_1, D_2) és konkrét riasztásain (D_0^*, D_1^*, D_2^*) alapul.

2. A Cb-radarechók itt megvalósított tér- és időbeli követése elsősorban az ún. izobárikus „mocsár” (A) időjárás helyzetekben (a horizontális nyomásgradiens $\Delta p < 1 \text{ hPa} / 100 \text{ km}$) kialakult helyi zivatarok, konvergencia zónák (C) szélvesélyességének a megítélésénél nyújt jelentős objektív segítséget a viharjelzések (riasztások) optimálisabb elrendelésekor és feloldásakor (4. táblázat).

4. TÁBLÁZAT

A szellőkés kategóriáknak (0: $V_{\max} < 12$; 1: $12 \leq V_{\max} \leq 17$; 2: $V_{\max} > 17 \text{ m/s}$) megfelelő viharjelzési fokozatokat megadó szinoptikus és modell-döntések (D^* és D) értékelése a tényleges szellőkések szerint és a szinoptikus helyzetek függvényében az 1986., 1987. és 1989. évek adatai alapján.

Jelmagyarázat: D^* = hagyományos szinoptikus döntés; D = modell-döntés Cb-radar-echo követéssel; 0, 1, 2 = szellőkés kategóriák; h = helyett; () = százalékos érték az adott sor összes döntéséhez viszonyítva; A = izobárikus „mocsár” helyzet; C = konvergencia; E = divergencia; F = prefrontális gradiens helyzet; G = meleg front; H = instabilitási vonal; I = hideg front; K = posztfrontális gradiens helyzet.

Döntés és a szinoptikus helyzet kódja		Döntések értékelése							
		Főlébcslés			Megegyező	Alábecslés			Összes döntés
		1h0	2h1	2h0		0h1	1h2	0h2	
D^*	A	6 (7,4)	8 (9,9)	5 (6,2)	62 (76,5)	—	—	—	81
	C	14 (5,8)	39 (16,1)	2 (0,8)	181 (74,5)	4 (1,6)	3 (1,2)	—	243
	E	—	—	—	5 (100,0)	—	—	—	5
	F	1(2,7)	10 (27,0)	2 (5,4)	23 (62,2)	—	1 (2,7)	—	37
	G	—	5 (71,4)	—	2 (28,6)	—	—	—	7
	H	—	9 (23,1)	—	30 (76,9)	—	—	—	39
	I	—	9 (13,2)	—	59 (86,8)	—	—	—	68
	K	6 (7,7)	11 (14,1)	2 (2,6)	59 (75,6)	—	—	—	78
D	A	5 (6,2)	8 (9,9)	—	68 (83,9)	—	—	—	81
	C	11 (4,6)	36 (15,0)	—	190 (79,2)	—	3 (1,2)	—	240
	E	—	—	—	5 (100,0)	—	—	—	5
	F	2 (6,3)	7 (21,9)	1 (3,1)	21 (65,6)	—	1 (3,1)	—	32
	G	—	—	—	7 (100,0)	—	—	—	7
	H	—	5 (13,5)	—	31 (83,8)	—	1 (2,7)	—	37
	I	—	6 (8,6)	—	64 (91,4)	—	—	—	70
	K	6 (7,9)	11 (14,5)	—	59 (77,6)	—	—	—	76

3. Azokban az esetekben, amikor a Balaton távolkörzeti mintavételi térségébe (2. ábrán a II. körzet) markáns időjárás objektum, vagy konvektív rendszer (pl.: zivataros hideg front, I, meleg front, G, instabilitási vonal, H) lép be, ill. ott kifejlődik, akkor attól az időponttól kezdve egészen a Balaton térségének elhagyásáig (veszélyeztetéséig) a Cb-radarechók tér- és időbeli követésével nyert információk jelentősége háttérbe szorul a modellbeni egzisztenciális információkkal (pl.: markáns időjárás objektum azonosítása, folyamatos Δp ellenőrzéssel izobárstruktúra vizsgálat stb.) szemben. Ilyen esetekben elsősorban a viharjelzések optimálisabban és fokozatosabban megvalósítható feloldásánál jelentősebb az információ nyereség (4. táblázat).

4. A 4. táblázat alapján megállapítható, hogy a pre- (F) és posztfrontális (K) erős nyomásgradiensű időjárás helyzetekben kifejlődött zivatarfelhőket kísérő maximális szellőkések megítélése a leggyengébb. Ez annak a következménye, hogy sok esetben a prognosztizált szél a nyomásgradiens (Δp) beépített kritikus értékeit meghaladva sem következett be a várt nagyságrendben.

5. A pozitív tesztelési eredmények (3. és 4. táblázat) alapján a döntési modell alkalmazása elősegíti a viharjelző szinoptikus gyorsabb, komplexebb és ennél fogva optimálisabb döntéshozatalát a folyamatos viharjelzések kiadásánál, fenntartásánál, ill. feloldásánál a 4 km-nél nagyobb tetőjú zivatarfelhős időjárásai helyzetekben.

6. A Cb-radarechók tér- és időbeli követésének automatizálásával bővült döntési modell soronkövetkező, és részben már folyamatban lévő továbbfejlesztései között tervezzük:

- a) a zivatarfelhőket kísérő, potenciálisan és effektíve (szél)veszélyes időtartamok fennmaradásának valószínűségi becslését;
- b) az automatikus radarechó követés tökéletesítését a markáns időjárásai objektumok, konvektív rendszerek objektív felismertető eljárásainak beépítésével;
- c) a zivatarfelhők kialakulását segítő vagy gátló légnyomási struktúrák objektívebb értékelését és felismertetését.

IRODALOM

- Bartha I. és Böjti B., 1983: Radarral mért adatok a viharjelzésben. *Meteorológiai Tanulmányok* No. 40, Budapest.
- Bartha I., Böjti B. és Horváth A., 1986: A balatoni viharjelzések optimalizálása a jelzőrendszer korszerűsítése után. *Időjárás* 90, 371—380.
- Bartha I., 1987: An objective decision procedure for prediction of maximum wind gusts associated with Cumulonimbus clouds. *Időjárás* 91, 330—346.
- Bartha I. és Horváthné Zsikla A., 1987: A zivatarfelhőket kísérő maximális szél-lökések becslésére kifejlesztett döntési módszer számítógépre adaptálása. *KEI—52 célfeladat*. Kézirat. Orsz. Meteorológiai Szolgálat — KEI Könyvtár.
- Bodolainé Jakus E., 1980: Radarral végzett csapadékmérések a csapadék rövidtávú előrejelzésében. *OMSZ Kisebbségi Kiadványai* 48, Budapest.
- Browning, K. A. and Collier, C. G., 1982: An integrated radar-satellite nowcasting system in the UK. In *Nowcasting* (ed.: K. A. Browning) Academic Press, London—New York.
- Brüljov, G. B. és Nizdojminoga, G. L., 1977: Radaradatok felhasználása a szinoptikus gyakorlatban. (Izspolzovanie radiolokacionnüh dannüh v szinopticeszknoj praktike) *Gidrometeoizdat*, Leningrád
- Dombai F., Nagy J. és Simon Zs., 1987: A radarjel digitalizáló automata adatainak feldolgozása a TPA számítógépen (megjelenítés, transzformáció S—6/R-ra, archiválás, visszakeresés). *KEI—48 célfeladat*. Kézirat. Orsz. Meteorológiai Szolgálat — KEI Könyvtár.
- Groska Z., 1986: Javaslatok az automatikus radarmegfigyelések továbbfejlesztésére. *KEI—29 célfeladat*. Kézirat. Orsz. Meteorológiai Szolgálat — KEI Könyvtár.
- Kapovits, A., 1984: A multi-purpose weather radar network. *Proceedings of the Second International Symposium on Nowcasting*, Norrköping, Sweden, 3—7 Sept. 1984.
- Kapovits A. és Tóth P., 1987: Egységes derékszögű rácshálózat mezo- és kisléptékű analízisekhez a Kárpát-medence térségében. *Meteorológiai Tanulmányok*, No. 62., Budapest.
- Pintér F., Rákóczi F. és Tünczer T., 1986: Viharos szelek becsülhetősége a Balaton térségében, műholdfelvételek alapján. *Időjárás* 90, 365—370.
- Tóth P. és Vesza Sz., 1983: Sztereografikus vetületben készült térképek bevezetése a magyar meteorológiai szolgálatnál. *Meteorológiai Tanulmányok*, No. 41, Budapest.
- Zipser, E. J., 1983: Nowcasting and very-short-range forecasting. In *The National STORM Program: Scientific and Technological Base and Major Objectives*. Univ. Corp. for Atmos. Res. Boulder, Co.

CH. PFISTER: *Klimageschichte der Schweiz 1525–1860* (Svájc éghajlatának története, 1525–1860). 3. javított kiadás. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart, 1988. 184+164 oldal, 28+30 ábra, 34+7 táblázat két kötetben, többszáz irodalmi hivatkozás.

A nemzetközi szakkörökben jól ismert svájci éghajlatkutató a következő mondatra vezeti be könyvét: „A természettudományok a kémiától a fizikán keresztül a botanikáig, glaciológiáig, meteorológiáig és geográfiáig az utóbbi évtizedek során koherens képet alakítottak ki az éghajlat történetéről, és arra töreksenek, hogy ezt folyamatosan tökéletesítsék, kiszélesítsék és elmélyítsék.” Ez a mondat is jelzi, hogy a szerző csaknem egyedülálló feladatra vállalkozik: összegyűjteni minden lehetséges adatot a legkülönbözőbb szaktudományok segítségével, az éghajlat múltjának minél valóságosabb megismerésére. Másfél évtizednyi szorgos kutató munkájának eredményeit foglalja össze ebben a kétkötetes műben. Sajnálatos, hogy hatalmas szakirodalmi áttekintéséből kimaradt Réthly Antal munkája.

Az első kötet két nagyobb részre tagolódik. Az első részben az adatforrások fel sorolását találjuk, továbbá a különböző adattípusok interpretációjának, egységesítésének módszereit. Az adatforrások első csoportja csaknem azonos jellegű a Réthly Antal által használt forrásokkal: krónikák és évkönyvek, közigazgatási okiratok, magán földtulajdonosok könyvelései, magánfeljegyzések, időjárás naplók, hírlapok, kiváló megfigyelők feljegyzései. A második fejezet a műszeres mérésadatok áttekintésével kezdődik, majd ezen adatok objektívizálását és minőségi értékelését tartalmazza, végül további adatforrásokat sorol fel, mint pl. hóesés és hótakaró, a tavak és folyók befagyása, biológiai, hidrológiai, fenológiai, dendroklimatológiai, gleccsertörténeti adatok. Az első rész harmadik fejezete a különböző típusú adatok egységesítésének módszereit mutatja be.

A második rész talán a legérdekesebb és a legtöbb figyelmet érdemi. Mindenekelőtt tisztázásra szorul az éghajlatváltozás gyűjtőfogalma, ami alá a szerző a következő rész-fogalmakat sorolja: 1. periódikus változások, 2. hirtelen nivóváltás a trendben, 3. kvázi-periódikus változások, 4. stacionárius trend, 5. süllyedő (emelkedő) trend, 6. növekvő változékonyság. A változás mértékére a szórás $1/2$ -d része, mint mértékegység használatos. Az éghajlatváltozás időtartama a WMO szerint legalább 5–11 év, az ennél rövidebb ingadozások a zaj fogalma alá esnek. Rudloff az időtartam alsó határának a 30 évet jelöli meg. A szerző a különböző adatok szintézise, a szárazsági, hőmérsékleti indexek bevezetése után egyedülálló adatsorokat állít fel: évszakos és éves bontásban megadja a hőmérséklet és csapadék időbeli alakulását az 1500-as évek elejétől 1979-ig. Az értékes adatok gyűjteményét terjedelmes táblázatok foglalják össze.

A második kötet egyetlen témával foglalkozik, mégpedig az éghajlat hatásával a mezőgazdaság és népesedés történetére. Klimatólogusok számára kissé szokatlan, hogy az évszakok néhány évtizedig tartó megváltozása (hidegebbre-melegebbre, szárazra-nedvesre fordulása) a különböző mezőgazdasági termelésen (gabona, tenyészet, bor) keresztül a népesség szaporodásával, illetve fogyásával hozható összefüggésbe. Érdekes az az elemzés, amely bemutatja, hogy az agrotechnika fejlettsége milyen mértékben csökkenteti a terméseredmények függését az éghajlat ingadozásaitól. Svájc három fő mezőgazdasági termelési ágazata: a félnomad pásztorkodás (tenyészet), a gabonatermesztés, a munkaigényes szőlőtermelés. Az éghajlat átmeneti rosszabbodása esetén pl. a termés csökkenése következtében a falusi lakosság alultápláltsága megnöveli a halálozási arányt, a népesség fogy. Ez a hatáslánc különösen nagy jelentőséget kap az elmaradott országok szociális helyzetének elemzésében. És ez már nem a múlt, hanem a jelen és jövő kérdése.

Koppány Gy.

P. WARNECK: *Chemistry of the Natural Atmosphere (A tiszta légkör kémiája)*. Academic Press, San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sidney, Tokyo and Toronto, 1988. 753 oldal, számos ábra, táblázat és irodalmi hivatkozás.

Jelen kötet *Junge* ma már klasszikus könyvének publikálása után huszonöt évvel jelent meg ugyanannál a kiadónál. Junge munkája mérföldkő a levegőkémia történetében. Warneck műve viszont a legjobb, legtöbb ismeretet közlő mű jelenleg ezen a területen. Érdekes, hogy *Warneck*, lévén német kutató, hosszú ideig Junge munkatársa volt. Könyvét is mesterének, a „légkörü nyomanyag-kutatás úttörőjének” ajánlja.

Mindebből következik, hogy Warneck levegőkémián kb. ugyanazt érti, mint annak idején Junge. Így nem tárgyalja a magaslégköri (a sztratoszféra fölötti) folyamatokat és nem tér ki a közvetlenül szennyezett levegő kémiájának tárgyalására. Ez utóbbit már a címben is jelzi a „természetes”, azaz tiszta szó beiktatásával. Ezt nem tekintve azonban könyvének szerkezete és kiterjedése jelentősen különbözik a klasszikus műétől.

Az első öt fejezet felépítése didaktikailag igen jó. A légkör összetételét, szerkezetét és dinamikájának szükséges alapjait tartalmazó első fejezet után helyes sorrendben olvashatunk a fotokémia és a reakciókinetika alapjairól (2. fejezet), a sztratoszféra kémiájáról (3. fejezet), a troposzféra kémiájának a metán ciklusával kapcsolatos részéről (4. fejezet), valamint a talajközeli ózonnál (5. fejezet).

A témakör buktatóit azonban Warneck sem tudja megkerülni. A troposzférikus ózon keletkezésében alapvető szerepet játszó szénhidrogének, illetve nitrogén-oxidok (és egyéb nitrogénvegyületek) tárgyalására csak a hatodik, illetve a kilencedik fejezetben kerül sor. Az is érdekes, hogy a nitrogén- és kénvegyületek (10. fejezet) körforgalmának bemutatása csak a légköri aeroszol (7. fejezet), valamint a felhő- és csapadékvíz kémiájának (8. fejezet) taglalása után következik. Ez azért említésre méltó, mivel az aeroszol-, illetve csapadékkémiában a kén- és nitrogénvegyületek alapvető szerepet játszanak. Körforgalmukat ugyanakkor az aeroszol részecskék keletkezése és sorsa, valamint a légköri kimosódás határozza meg. Végül a könyvet a szén-dioxid geokémiájával (11. fejezet) és a légkör keletkezésével és fejlődésével (12. fejezet) foglalkozó, igen jól megírt részek zárják.

Szerző az említett nehézségeket úgy győzi le, hogy az egyes témakörök tárgyalásakor ismételt bizonyos adatokat. Ez a módszer azonban nem zavarja az olvasót, sőt lehetővé teszi a fejezetek egységét és biztosítja a könyv teljességét, ami igen fontos ilyen kézikönyvnél. Az is nagy előnye jelen munkának, hogy stílusa egyszerű és világos, így kezdők is forgathatják. Mégis olyan mélységű, hogy pl. adott numerikus modellezési probléma megoldása a közölt információkból szinte azonnal adódik.

Meg kell emlékeznünk a felhasznált irodalom hatalmas mennyiségéről is: a hivatkozások nyolcvanöt (!) oldalt tesznek ki. Tekintve, hogy egy oldalon átlagosan huszonöt idézett művet találhatunk, a hivatkozások száma több, mint kétezerre tehető (magyar szerzőkre nyolc hivatkozás történik). Ez a tény egyrészt jelzi a levegőkémia tudományának az utolsó évtizedekben végbement hatalmas fejlődését, másrészt tovább növeli Warneck nagyszerű művének használhatóságát. Forgatását ezért minden érdeklődőnek ajánljuk.

Mészáros E.

MÉSZÁROS ERNŐ AZ MTA RENDES TAGJA

A Magyar Tudományos Akadémia az 1990 májusában tartott CL. közgyűlésén *Mészáros Ernő*t rendes tagjainak sorába választotta. Szolgálatunk Központi Légkörfizikai Intézetének igazgatója *Berde Áron*, *Schenzl Guidó*, *Konkoly-Thege Miklós*, *Steiner Lajos*, *Béll Béla* és *Czelnai Rudolf* mellett a hetedik meteorológus, aki az Akadémia 1825-ben történt megalapítása óta a tudományos munkásságnak ebben a legmagasabb fokú elismerésében részesült.

Mészáros Ernő az akadémiai levelező tagság 1985-ben való elnyerését követően is aktív és eredményes kutatói és tudománypolitikai tevékenységet fejtett ki. Hazai és neves külföldi folyóiratokban hús tanulmányt publikált, a Meteorológiai Világszervezet felkérésére elkészítette a háttérszennyeződést mérő globális hálózat állomásainak üzemeltetését leíró kézikönyvet, az Akadémiai Kiadónál nyomdába került a légköri részecskékről és magvakról társszerzőkkel angol nyelven írt könyve. Az idén nyáron záruló ötéves akadémiai ciklus során a Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának elnök-

helyettese volt, 1978 óta a Meteorológiai Tudományos Bizottság elnöke, 1980 óta áll folyóiratunk szerkesztő bizottságának az élén, és több nemzetközi szaklap szerkesztésében vesz részt. Az elmúlt években számos fontos hazai és nemzetközi környezetvédelmi fórumon működött közre, és 13. éve vezeti a Meteorológiai Világszervezet Budapesten létrehozott légszennyezettség-mérési oktatási központját.

Miután az *Université de Bretagne Occidentale* (Brest) 1983-ban tiszteletbeli doktorává avatta, idén nyáron ismét igen rangos nemzetközi megbecsülésben részesült: tagja lett a mintegy 700 főt számláló *Academia Europaea* elnevezésű szervezetnek. A londoniszékhelyű szervezetet brit kezdeményezésre 1988-ban alakították meg azon gondolatnak a kifejezésére, hogy Európa oszthatatlan kulturális egységet alkot. *Mészáros Ernő* egyike annak a hét magyar tudosnak, illetve annak a tizenhét, légköri tudományokkal foglalkozó európai szakembernek, akit az *Academia Europaea* eddig a tagjai közé választott.

Götz G.

MŰHOLDMETEOROLÓGIAI SZIMPÓZIUM VISEGRÁDON

Az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Meteorológiai Társaság az MTA Interkozmosz Tanácsa támogatásával 1990. április 19—20-án nemzetközi műholdmeteorológiai szimpóziумot rendezett Visegrádon. A kelet-európai országokból érkezett résztvevőkön kívül meghívott vendégként több neves nyugati szakember is jelen volt. Többek között a szimpóziумon üdvözölhettük *G. Szejwach*-ot az EUMETSAT szervezet, *G. A. Kelly*-t az ECMWF és *J. Schmetz*-et az ESA/ESOC részéről.

A négy félnapos ülésen összesen 19 előadás hangzott el. Az előadások témái a műholdmeteorológia fő irányai köré csoportosultak a következőképpen: 1. A sugárzási mérleg meghatározása műholdadatokból

(*C. Fröhlich*, *Rimócziné Paál A.*, *Mika J.*—*Kovács E.*—*Rimócziné Paál A.*, *J. Schmetz*, *R. Stuhlmann*); 2. Műholdas szondázási adatok felhasználása a numerikus modellezésben (*Dévényi D.*—*Iház I.*—*Radnóti G.*—*Sipos Gy.* két előadással, *G. A. Kelly*, *J. Krabec*, *Miskolczi F.*); 3. A középső légkör folyamatai rakétaszondázási adatok tükrében (*P. Hoffmann*—*W. Singer*—*D. Kreuer*—*R. Schmünder*—*D. Kirschner*—*H. Gernandt*, *G. Entzian*—*D. A. Tarasenko*—*L. Milenkova*, *M. Stettler*); 4. Műholdfelvételekkel kapcsolatos vizsgálatok (*M. Desbois*, *P. Kocikova*, *Z. Sokol*, *D. Spänkuch*, *Tánczer T.*); 5. Tájékoztatás az EUMETSAT-ról és a METEOSAT műholdak fejlesztési terveiről (*G. Szejwach*).

A hat magyar előadás címének bemutatásával a közelmúlt hazai műholdmeteorológiai kutatásairól kaphatunk vázlatos áttekintést. *Rimócziné Paál Anikó* „A felszínre elérő globálsugárzás meghatározása a GOES műhold adataiból”, *Mika János* — *Kovács Eleonóra* — *Rimócziné Paál Anikó* „A hosszúhullámú sugárzási mérleg parametrizációjának kombinált empirikus és modellre alapozott becslései”, *Miskolci Ferenc* „Nagyfelbontású infravörös átbocsátások és azok alkalmazásai”, *Dévényi Dezső* — *Ihász István* — *Radnóti Gábor* — *Sipos Győző* „Hagyományos és műholdas információk objektív analízise”, valamint „A műholdas sugárzási adatokban rejlő információk analízise” és *Tánczer Tibor* „A kihullható víztartalom meghatározása a MOS-1 műhold vízgőz felvételének felhasználásával” címmel tartott előadást.

A tudományos színvonal megfelelt az elvárásoknak. Az előadásokat követő vitában számos ötletet vetettek fel a kutatók további folytatására. Az előadások anyaga külön kiadványban kerül megjelentetésre. A rendezvény egymás munkásságának kölcsönös megismerésén túl ígéretesnek mondható a jövő szakmai együttműködésének új alapokra helyezése szempontjából is.

A találkozó légköre mindvégig jó volt. A *Parkerdögazdaság* épülete kellemes elhelyezést biztosított a szimpózium lebonyolításához. Ugyancsak pozitívan kell szólnunk a szállást nyújtó ELTE üdülőről. Végezetül nem lehet említés nélkül hagyni a Dunakanyar festői környezetét, amely szintén hozzájárult ahhoz, hogy a közel 30 résztvevő jól érezze magát.

Tánczer T.

TANULMÁNYÚT HOLLANDIÁBAN

Az Országos Ösztöndíj Tanácstól elnyert pályázat alapján 1990 májusában 10 napot tölthettem Hollandiában, a Wageningenben lévő Agrártudományi Egyetemen. Hollandia területe mintegy harmada Magyarországnak, de itt folyik a világon a legintenzívebb mezőgazdasági termelés. Az ország mezőgazdasági exportja évente 30 milliárd dollár értékű. Ennek a rendkívül fejlett mezőgazdasági termelésnek az alapját a magas színvonalú oktatás és kutatómunka képezi. Európa legnagyobb agrár-egyeteme a wageningeni. 6000 diák tanul itt 700 tanár irányításával és 12 000 főnyi kiegészítő személyzet igénybevételével. A mezőgazdasági kutatások is jórészt az egyetemhez kapcsolódnak.

Két napot a Meteorológia Tanszéken töltöttem, mely ebben az évben lett önálló, korábban a Fizika Tanszékkal együtt alkottak egy tanszéket. A Meteorológia Tanszék vezetője *Wartena* professzor. A három docens feladata az oktatás és a kutatómunka irányítása. 7 technikus és egy titkár segíti munkájukat. A kutatómunka zömét ösztöndíjasok végzik. Ottlétemkor kilenc aspiráns dolgozott a tanszéken, akik négy évet kapnak arra, hogy egy problémát a lehető legalaposabban körüljárjanak, illetve megoldjanak. Mind az oktatás, mind a kutatás lényegében mikro-meteorológiai témákban folyik. A felszínen lejátszódó energiakicserélődési folyamatokat nagymértékben befolyásolja a felszín borító vegetáció sajátossága. A vizsgálati

anyagot, a nyers adatokat nemzetközi team által végzett expedíciós mérések szolgáltatják; vannak kísérleti területeik Afrikában és Dél-Franciaországban is, ahol az arid és szemi-arid viszonyokat tanulmányozzák. Természetesen helyben is működtetnek meteorológiai állomást, ahol a legkülönbözőbb műszerek kipróbálása és az oktatás számára történő bemutatása folyik a standard méréseken kívül.

A tanszéken különböző módszereket — modelleket hasonlítanak össze és elemzik ezek alapján a folyamatokat. 1989-től foglalkoznak műholdképek alapján történő vizsgálatokkal. Sajat műholdvevőjükön a Meteosat képeket veszik. Újdonságként mutatták be a Wageningenben működő privát meteorológiai szolgálatot, mely függetlenül, bár a tanszékkal együttműködve készít előrejelzéseket a kereskedelmi rádió és tv állomásoknak, információt szolgáltató rendszereknek.

Öt napot az Elméleti Produkcióökológiai Tanszéken töltöttem. A tanszéket *de Wit* professzor alapította, aki ma már nyugdíjas, de igen nagy tiszteletnek örvend, s szerencsésnek mondhatom magam, hogy beszélgettem vele. A tanszék jelenlegi vezetője *R. Rabbinge* professzor, aki tájékoztattott a feladataikról és szervezeti felépítésükről. A tanszék fő célja, hogy összekösse az alaptudományokat — kémia, fizika, növényélettan stb. — az alkalmazott tudományokkal — növénytermesztés, növényvédelem, állattenyésztés stb. 5 fő

állású kutatót foglalkoztatnak, 17 technikus, valamint 20 aspiráns és 35 posztgraduális képzésben résztvevő diák folytat tanulmányokat és kutatásokat a tanszék közreműködésével. Négy fő kutatási területük van: 1. Talaj és klíma; 2. Növényi növekedés és fejlődés; 3. Növényi kártevők; 4. Mezőgazdasági rendszerek. Én a 2. és 3. téma kutatóival ismerkedtem meg közelebbről.

A növényi növekedés szimulációs modellezése a 70-es évektől kezdődően képezi alapfeladatukat. A különböző külső feltételek hatását vizsgálják számos növénykultúra esetén. Az utóbbi időben előtérbe került a légkör egyes kémiai összetevőinek hatása az élettani folyamatokra, s ezen keresztül a produkcióra. Volt szerencsém együtt dolgozni *Jan Goudriaannel*, akinek a neve a növényi növekedés modellezése, valamint a mikroklíma szimuláció területén dolgozó szakemberek körében igen nagy tekintélynek örvend. Érdeklődésemmre elmondta, hogy milyen fejlesztéseket hajtottak végre az 1977-ben publikált MICROWEATHER szimulációs modellen. A fejlesztések lényegében az alkalmazást megkönnyítő egyszerűsítésekből álltak, továbbá előállítottak egy olyan verziót is, amely személyi számítógépen is futtatható. Ez utóbbit, valamint az ún. SUCROS növény növekedési modellt mágneselemezre rendeztem is bocsájtotta a szerző. Munkánk során az általam Keszthelyen mért meteorológiai és növényi adatokkal is lefuttattuk a modellt.

Alkalmam volt beszélgetni néhány aspiránssal a kutatómunkájukról. Újra kitűnt, hogy mostanában a legaktuálisabb kutatási terület a légköri összetevők, főleg a megnövekedett CO_2 koncentráció hatásának vizsgálata.

1988 óta az OMSZ Agrometeorológiai Főosztályának kutatási témái között sze-

repelel a növényvédelem szempontjait figyelembevevő agrometeorológiai vizsgálatok végzése. Ez a téma az általam meglátogatott tanszék munkájában is jelentős részt képvisel, annyiban meteorológiai vonatkozásokkal, amennyiben a környezeti tényezők közül a meteorológiai, mikrometeorológiai jellemzők az ökoszisztéma meghatározói.

A növényvédelmi szaktanácsadási rendszerekben alkalmazott módszerek kidolgozása — elméleti megalapozása kapcsolódik a tanszék feladataihoz. Az őszi búza növényvédelmére kidolgozott szaktanácsadási rendszer, amelynek elméleti és vizsgálati háttérét főként a tanszék munkatársai adták, ma már a gyakorlatban is jól működik. A farmergazdaságok számára szolgáltat az őszi búza különböző betegségei, kártevői elleni védekezéshez tanácsokat arra vonatkozóan, hogy a permetezésnek milyen várható anyagi haszna lesz. A rendszer magja a populáció dinamikai modell. A farmer a saját búzatábláját felméri, megállapítja a fertőzöttség mértékét. Ezt telefonon közli a számítógépes rendszert működtető diszpécserrel, aki ennek alapján lefuttatja a modellt és pár másodperc múlva közli a felhasználóval, hogy érdemes-e permetezni vagy sem.

Ez a rendszer nem az aktuális meteorológiai adatokat használja, hanem klimatológiai adatok alapján kidolgozott módszereket alkalmaz. Jelenleg folyik olyan jellegű fejlesztés, amely az aktuális, illetve prognosztizált meteorológiai adatokat venné figyelembe.

A rendszer működtetésének központja Lelystadban van, ahová egy kirándulás során sikerült eljutnom, és saját szememmel láthattam miként folyik ez a munka.

Hunkár M.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

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 szemle-cikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége 1525 Budapest, Pf. 38.**

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.

Szövegrész: 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, kötettség, kezdő és befejező oldalszám. Pl.: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65—70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyv cím, 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 számozással, szövegükkel együtt, külön lapon kell mellékelni.

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

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db **különlenyomatot** kapnak. Több különlenyomat a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

NOTES TO THE AUTHORS

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 of 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* 57, 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 marked 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. Mészáros Ernő**
Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.
Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel.: 135-3500
Kiadja a Pallas Lap- és Könyvkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11.
Telefon: 122-1285
Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223.
Felelős kiadó: **Horti József** vezérigazgató
90-04840 Z—P Formular Kft, Kiskunfélegyháza
Felelős vezető: **Bodor Béla** ügyvezető igazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329